Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren.

2. Artikel[1].

Von

Dr. **Karl Brandt** in Neapel.

Mit Tafel 19 u. 20.

I. Einleitung.

Die allgemeinen Ergebnisse meiner bereits veröffentlichten Untersuchungen (65, 72) über diesen Gegenstand sind folgende:

1) Selbstgebildetes Chlorophyll fehlt Thieren vollkommen. Chlorophyllkörper, wie wir sie bei allen echten Pflanzen finden, kommen bei Thieren nicht vor.

Dadurch wird eine fundamentale Verschiedenheit zwischen den Pflanzen (ausgenommen die Pilze) einerseits und den Thieren (und Pilzen) andererseits begründet. Die Pflanzen sind im Stande, anorganische Materie in organische überzuführen. Pflanzen, die dem Lichte genügend ausgesetzt sind, können in und an ihren Chlorophyllkörpern aus Wasser, Kohlensäure und Ammoniak organische Stoffe, besonders Stärke erzeugen. Die Thiere dagegen, welche kein Chlorophyll besitzen, können sich nur von organischen Stoffen, die sie direct oder indirect von den Pflanzen beziehen, ernähren.

2) Wenn Chlorophyll in Thieren sich findet, so verdankt es einzelligen Algen sein Dasein. Sowohl die grünen Körper, die sich

[1] Der 1. Artikel befindet sich in: Arch. f. Anat. u. Physiol., Abth. f. Physiol. 1882. p. 125—151.

vorzugsweise in Süßwasserthieren finden, als auch die in Meerthieren vorkommenden gelben Zellen sind Algen[1].

3) Durch die Assimilationsthätigkeit dieser eingemietheten Algen können die Wirththiere ernährt werden. In vielen Fällen bedürfen die Algen-beherbergenden Thiere keiner besonderen Ernährung von außen, sondern lassen sich von den Stoffen, welche die Algen aus unorganischen Substanzen bereiten, ernähren. Wir haben also hier eine ähnliche Symbiose wie bei den Flechten. Da die algenführenden Thiere sich in morphologischer Hinsicht ganz wie echte Thiere verhalten, in Bezug auf die Ernährung mit echten Pflanzen übereinstimmen, so schlug ich vor, sie kurz Phytozoen zu nennen. —

Zur Fortsetzung der früheren Untersuchungen über die in Thieren vorkommenden Algen und die Bedeutung derselben für die Thierwirthe bewilligte mir die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin einen Arbeitsplatz in der Zoologischen Station zu Neapel, und gewährte mir dadurch die Möglichkeit, die reiche Fauna des Golfes zu benutzen und mich der vorzüglichen Hilfsmittel der Zoologischen Station zu bedienen. Diese für mich unschätzbare Vergünstigung verpflichtet mich der Kgl. Akademie zu höchstem Danke. Eben so drängt mich das Gefühl aufrichtigster Dankbarkeit den Herren Professoren du Bois-Reymond, Schwendener und Dohrn gegenüber bei dieser Gelegenheit auszusprechen, wie sehr sie mich durch ihr Wohlwollen in der Ausführung meiner Pläne in jeglicher Weise unterstützt und gefördert haben. In Bezug auf Litteraturnachweise, auf Bestimmung des Untersuchungsmaterials und auf den Nachweis von neuen Phytozoen wurde mir seitens der Herren Dr. Vosmaer, Dr. Chun, Dr. Andres, Dr. Lang und Salvatore Lo Bianco die freundlichste Unterstützung zu Theil.

---

[1] Da mir sowohl die grünen als die gelben Algen neue Gattungen darzustellen schienen, so nannte ich die ersteren *Zoochlorella* n. g., die letzteren *Zooxanthella* n. g. Bald darauf zeigte Géza Entz (67), dass die Pseudochlorophyllkörperchen der Infusorien Entwicklungszustände bereits bekannter Algenformen darstellen, dass mithin der neue Gattungsname *Zoochlorella* einzuziehen sei.

II. Die gelben Zellen.

1. Deutung und Vorkommen der gelben Zellen.

Gelbe Zellen wurden im Jahre 1851 von HUXLEY (5) entdeckt, und zwar bei Vertretern von zwei sehr verbreiteten Radiolarienfamilien, den Colliden (Thalassicolla nucleata Huxl.) und den Sphaerozoiden (Thalassicolla punctata = Sphaerozoum punctatum J. Müll., Collosphaera Huxleyi J. Müll. und wahrscheinlich auch Collozoum inerme Haeck.). Von ihm rührt auch der Name »yellow cells« her, der fast von allen späteren Autoren angewendet ist. Der Entdecker sowohl als auch spätere Forscher sahen die gelben Zellen als wesentliche Theile des Thierleibes und als Erzeugnisse des Thieres selbst an. Erst CIENKOWSKI (29) stellte im Jahre 1870 die Behauptung auf, dass die gelben Zellen nicht Theile der Thiere, in welchen sie vorkommen, sondern Algen seien und brachte gewichtige Gründe für diese Auffassung bei. Die wenigen thatsächlichen Einwendungen gegen diese Anschauung wurden durch die Untersuchungen von O. und R. HERTWIG und von mir widerlegt, so dass seit einiger Zeit die gelben Zellen allgemein als Algen gelten. In der neuesten Zeit hat GEDDES diese Ansicht noch weiter gestützt.

Bisher sind (so weit ich in Erfahrung bringen konnte) gelbe Zellen gefunden und als solche erkannt worden bei folgenden Thieren[1]:

Protozoen.

1. Foraminiferen.

? Rotalia (M. SCHULTZE 1854).

Orbitolites (CARPENTER 1855), MOSELEY 1879.

Globigerina echinoides = Coscinosphaera ciliosa (STUART 1866, HAECKEL 1870), BRANDT, p. 222.

---

[1] In der Liste sind diejenigen Autoren in Parenthese gesetzt, welche die gelben Zellen als Theile des thierischen Organismus (Farbstoffkörner, Pigmentzellen, Leberzellen, Reservestoffbehälter etc.) ansahen. Die nicht eingeklammerten Namen bezeichnen Forscher, welche die Algennatur der gelben Zellen erkannten. In manchen Fällen sind die gelben Zellen ohne nähere Angabe des Grundes als Algen bezeichnet worden. Alsdann wurde dem Autorennamen ein Fragezeichen beigefügt. Dasselbe geschah, wenn dem betreffenden Forscher die Algennatur nur wahrscheinlich erschien.

Die Liste wird nicht ganz vollständig sein; doch dürfte kaum irgend eine wesentliche Arbeit darin fehlen.

2. Radiolarien,
mehr als 100 Species aus den Gruppen der:

a. Sphaerozoeen (Huxley 1851, J. Müller 1859, Haeckel 1862), Cienkowski 1871, (R. Hertwig 1876), R. Hertwig? 1879, Brandt 1881, Geddes 1882, Brandt, p. 220.
b. Thalassicolleen (Huxley 1851, J. Müller 1859, Haeckel 1862), R. Hertwig? 1879, Brandt, p. 220.
c. Peripyleen (Haeckel 1862), R. Hertwig? 1879.
d. Monopyleen (Haeckel 1862), R. Hertwig? 1879.
e. Acanthometreen (J. Müller 1859, Haeckel 1862, R. Hertwig 1879), Brandt, p. 235.

3. Flagellaten.

Leptodiscus medusoides (R. Hertwig 1877).

4. Ciliaten.

Vorticella n. sp. (auf Aglaophenia) Mereschkowsky? 1882, Brandt, p. 219.

Spongien.

Hircinia variabilis F. E. Schulze 1879, Brandt, p. 223.
Reniera cratera Brandt, p. 223.

Coelenteraten.

1. Hydrozoen.

Sarsia u. a. Medusengemmen Brandt, p. 233.
Aglaophenia sp. Mereschkowsky? 1882, Hamann 1882.
Rhizostoma Cuvieri Brandt, p. 218.
Cassiopeia borbonica (Hamann 1881), Geddes 1882, Brandt, p. 218.
Velella }
Porpita } (C. Vogt 1854, Haeckel 1862), Geddes 1882, Brandt, p. 219.

2. Anthozoen.

Paralcyonium elegans Brandt, p. 240.
Gorgonia verrucosa Geddes 1882, Brandt, p. 216.
Anthea cereus O. u. R. Hertwig 1879, (Hamann 1881), Geddes 1882, Krukenberg 1882, Brandt, p. 216.
Anthea cinerea O. u. R. Hertwig 1879.
Ceriactis aurantiaca Geddes 1882, Brandt, p. 218.
Heliactis bellis (= Sagartia troglodytes, Heider 1877), Geddes 1882, Brandt, p. 216.
Adamsia diaphana O. u. R. Hertwig.
Actinia aurantiaca O. u. R. Hertwig 1879.
Aiptasia diaphana Geddes 1882, Brandt, p. 216.
Aiptasia turgida Brandt, p. 216.
Cladocora caespitosa Heider? 1881, Brandt, p. 216.

3. Ctenophoren.

Euchlora Chun 1880, Moseley 1882.

Echinodermen.

Echinocardium cordatum (GEDDES 1880), BRANDT, p. 240.
Holothuria tubulosa (Larve) (SELENKA 1876), BRANDT, p. 240.

Bryozoen.

Zoobothrium pellucidum BRANDT, p. 222.

Vermes.

1. Turbellarien.

Convoluta paradoxa (O. SCHMIDT 1852, CLAPARÈDE 1861), v. GRAFF 1882.
Convol. Langerhansii LANGERHANS 1882, cf. v. GRAFF, BRANDT, p. 233.
Convol. bimaculata LANGERHANS 1882, cf. v. GRAFF.

2. Anneliden.

Eunice gigantea BRANDT, p. 234.

Die vorstehende Übersicht zeigt, dass bis jetzt besonders bei Radiolarien und Coelenteraten gelbe Zellen nachgewiesen sind. Bei den Radiolarien sind sie so häufig, dass wohl mehr als 100 Species hätten namhaft gemacht werden müssen. Desshalb begnügte ich mich auch in diesem Falle mit der Aufzählung der Hauptgruppen. Außer bei Radiolarien und Coelenteraten kommen Thiere mit gelben Zellen noch in verschiedenen Gruppen vor, so bei Foraminiferen, Infusorien, Spongien, Echinodermen, Bryozoen, Turbellarien und Anneliden. Bis jetzt weiß man nur von wenigen Arten dieser Gruppen, dass sie gelbe Zellen enthalten, doch wird in der nächsten Zeit durch weitere Untersuchungen die Zahl dieser Species wohl erheblich vermehrt werden. Auch wird man wohl in Tunicaten und vielleicht auch Mollusken gelbe Zellen finden. Dagegen schienen mir die Arthropoden und Vertebraten niemals gelbe Zellen in ihren Geweben zu besitzen.

GEDDES (76) giebt in seiner Aufzählung derjenigen Thiere, bei welchen gelbe Zellen vorkommen, auch Haliphysema, Myriothela und Ceratium an. Nach RAY LANKESTER's Untersuchungen sollen auch bei Haliphysema Körper vorkommen, die mit den gelben Zellen Ähnlichkeit haben. Als ich mich davon in der von GEDDES citirten Arbeit (Quart. Journ. Micr. Sc. 1879, p. 482) überzeugen wollte, fand ich, dass LANKESTER allerdings »bläschenförmige Kerne« von Haliphysema mit den bläschenförmigen Körpern von Orbitolites, die CARPENTER geschildert hat, vergleicht. Während aber die letzteren stets grün sind und von MOSELEY mit den gelben Zellen von Radiolarien verglichen und als einzellige Algen gedeutet werden, sind, wie LANKESTER ausdrücklich hervorhebt, die Körper von Haliphysema auch im frischen Zustande farblos. Haliphysema gehört also nicht hierher.

Ferner soll KOROTNEFF (1881) in einem Hydroidpolypen, Myriothela, gelbe Zellen entdeckt haben. Die Arbeit ist in russischer Sprache geschrieben, und aus den Abbildungen geht nicht hervor, dass die gelben Körper Algen sind.

Was endlich noch das Vorkommen von gelben Zellen in Ceratium tripos anlangt, so ist dasselbe noch nicht im geringsten bewiesen.

2. Gründe für die Algennatur der gelben Zellen.

Für die parasitäre, bezw. pflanzliche Natur der gelben Zellen sind bis jetzt folgende Gründe nach und nach aufgestellt worden:

Zunächst hat HAECKEL (26) in den gelben Zellen der Radiolarien eine Substanz aufgefunden, die sonst nicht im Radiolarienkörper vorkommt. Das Vorhandensein dieser Substanz, welche HAECKEL für echtes Amylum hält, ich für eine Modification der Stärke ansehe, konnte von allen späteren Beobachtern bestätigt werden.

Sehr bald darauf machte CIENKOWSKI (29) die wichtige Entdeckung, dass die gelben Zellen wochenlang den Tod der Radiolarien überleben. Sie sind im freien Zustande von einer ziemlich resistenten Schleimmembran umgeben und führen amöboide Bewegungen aus. Zugleich wachsen sie und pflanzen sich durch Theilung fort. Ich konnte diese Angabe später bestätigen (62) und hinzufügen, dass in einem Falle die gelben Zellen zwei Monate lang den Tod ihres Wirththieres überlebten.

CIENKOWSKI hebt außerdem hervor, dass keine einzige Thatsache dafür spräche, dass die gelben Zellen im Radiolarienkörper selbst gebildet würden. Weder durch Beobachtungen noch durch Versuche konnte er die Entstehung der gelben Zellen aus dem Protoplasma der Radiolarien feststellen.

R. HERTWIG (35) stellte später fest, dass die gelben Zellen die einzigen individualisirten Zellen des Radiolarienkörpers seien. Allerdings war schon von J. MÜLLER (11) und HAECKEL (15) die Zellmembran erkannt, und von HAECKEL (26) der Zellkern sicher nachgewiesen worden: doch hatte HAECKEL, dessen Anschauungen über den Bau der Radiolarien bis zum Erscheinen der Arbeiten von HERTWIG allein maßgebend waren, irrthümlicherweise verschiedene untergeordnete Theile als Zellen gedeutet, so die Alveolen, die Öltropfen und Concretionen, die Zellkerne (wasserhelle Bläschen) etc. Erst HERTWIG hat gezeigt, dass jede Centralkapsel mit der intra- und der extracapsulären Sarkode einer einzigen, häufig vielkernigen Zelle entspreche und dass die

Alveolen etc. nur Theile derselben sind. Dass im Protoplasma dieser Zellen noch besondere, wohl abgegrenzte und gut individualisirte Zellen, die gelben Zellen, vorkommen, ist in hohem Grade auffallend und mit den sonstigen Erfahrungen über die Zelle nicht wohl vereinbar.

Wenn HERTWIG trotzdem nicht der Ansicht CIENKOWSKI's beitritt, dass die gelben Zellen vielleicht selbständige Organismen seien, so geschah dies desswegen, weil er bei der Schwärmerbildung normalerweise einen Zerfall der gelben Zellen stattfinden sah, und weil er außerdem in der extracapsulären Sarkode zuweilen kleine, von einem Pigmenthäufchen umgebene Kerne fand, die er als frühe Entwicklungsstufen gelber Zellen ansieht und von dem Centralkapselinhalt ableitet.

In seiner zweiten Arbeit über Radiolarien (44, p. 119) neigt sich HERTWIG mehr der vorher bekämpften Anschauungsweise CIENKOWSKI's zu, ohne sich jedoch definitiv für oder gegen dieselbe auszusprechen. Zur Stütze der Ansicht von CIENKOWSKI führt er besonders einen sehr treffenden Grund an: Er fand gelbe Zellen schon bei Organismen (Thalassicollen) vor, welche nur einen einzigen, einfachen Kern besaßen. Wenn die gelben Zellen integrirende Bestandtheile des Thieres wären, so müsste man sich zu der unwahrscheinlichen Hypothese entschließen, dass sie selbständig und unabhängig von dem einzig vorhandenen Zellkerne, also frei in der extracapsulären Sarkode entstanden seien.

Einen anderen Grund für die parasitäre Natur der gelben Zellen sieht HERTWIG darin, dass die gelben Zellen vielen Radiolarien, z. B. den Disciden, Heliosphaeren, Arachnosphaeren, Thalassolampen etc. vollkommen fehlen, während sie bei den nächsten Verwandten dieser Gruppen in oft sehr großer Anzahl vorkommen. Zu Gunsten der Ansicht von CIENKOWSKI spricht diese Beobachtung in so fern, als man in einem so wesentlichen Theile der Organisation bei so nahe verwandten Thieren wie den Colliden, Heliosphaeriden etc. übereinstimmende Verhältnisse erwarten sollte.

Von großer Wichtigkeit war dann die Entdeckung von O. u. R. HERTWIG (48), dass in den Entodermzellen von verschiedenen Actinien eben solche oder sehr ähnliche gelbe Zellen wie in den Radiolarien vorkommen. So lange die gelben Zellen nur bei Radiolarien gefunden waren, konnte man trotz der bereits festgestellten Gegengründe noch die Zugehörigkeit der gelben Zellen zum Radiolarienorganismus für wahrscheinlich halten. Dadurch, dass die Gebrüder HERTWIG ganz ähnliche gelbe Zellen auch in den Gewebszellen anderer Thiere nachwiesen, wurde aber dieser ohnehin schon zweifelhaften Annahme vollends der Boden entzogen. Der Verdacht, dass es sich sowohl bei

den Radiolarien als auch bei den Actinien um pflanzliche Eindringlinge handelt, wurde noch dadurch vermehrt, dass O. u. R. HERTWIG auch im Schleime der Actinien lebende gelbe Zellen fanden, und dass bald darauf MOSELEY (50) in Foraminiferen und CHUN (53) auch in einer Rippenqualle, Euchlora, gelbe Zellen entdeckten.

Ich (62) habe dann eine Reihe von weiteren Gründen für die pflanzliche Natur der gelben Zellen aufgeführt. Zunächst zeigte ich, dass die gelben Zellen nicht, wie R. HERTWIG auf Grund seiner Untersuchungen an Collozoum inerme annahm, allgemein bei der Schwärmerbildung verbraucht werden, sondern bei Sphaerozoum punctatum und Collozoum coeruleum vollkommen unverändert bleiben. Während die sämmtlichen zum Radiolar gehörigen Theile entweder zum Aufbau der Schwärmer verbraucht werden oder todt zurückbleiben, werden die gelben Zellen von der vollständigen Umarbeitung des Thieres nicht im geringsten berührt und bleiben lebend in den zerfallenden Resten des Radiolar zurück. Jeder, der mit der Entwicklungsgeschichte der niederen Organismen vertraut ist, wird in einem solchen Verhalten der gelben Zellen einen zwingenden Grund für die parasitäre Natur dieser Gebilde sehen müssen.

Ferner theilte ich eine Beobachtung mit, die in doppelter Hinsicht für die parasitäre Natur der gelben Zellen spricht. Bei Vergleichung einer größeren Anzahl von jungen Exemplaren dieser Species fand ich Colonien, die schon 50—100 Centralkapseln, aber noch keine einzige gelbe Zelle enthielten, ferner ganz ähnliche, die nur vereinzelte, und dann stets im äußeren Theile der Gallerte liegende gelbe Zellen, und endlich solche, die eine größere Anzahl von Zellen im Pseudopodienmutterboden führten. Die gelben Zellen erscheinen hiernach immer zuerst in der Gallerte, sind daher nicht vom Centralkapselinhalt abzuleiten, rücken nach und nach in den Pseudopodienmutterboden und liegen schließlich alle in demselben. Einmal wurde dadurch in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass die gelben Zellen von außen in die Thiere eindringen, und dann zeigt diese Beobachtung, dass die Thiere mit zahlreichen gelben Zellen und die Exemplare, welche nicht eine einzige gelbe Zelle enthalten, im Wesentlichen übereinstimmen. Das wäre sicher nicht der Fall, wenn die gelben Zellen einen wesentlichen Theil des Thieres selbst ausmachten.

Außerdem machte ich auf die große Ähnlichkeit, welche gelbe Zellen im Bau und in einigen Entwicklungszuständen mit einem von mir bei Actinosphaerium entdeckten Chytridium-artigen Schmarotzer zeigen, aufmerksam.

Die pflanzliche Natur begründete ich weiter durch den sicheren Nachweis einer Cellulosemembran bei den gelben Zellen von Radiolarien. Allein die Membran der gelben Zellen, nicht aber irgend welcher Theil des Radiolarienkörpers selbst, zeigt die charakteristischen Reactionen echter Pflanzencellulose. Die Membran lebender gelber Zellen ist doppelbrechend und färbt sich bei Anwendung von Jodwasserstoffsäure, d. h. von Chlorzinkjod oder von Jod und Schwefelsäure, bläulich. O. u. R. HERTWIG hatten bereits für die gelben Zellen von Actinien das Vorhandensein einer Cellulosehülle wahrscheinlich gemacht (48).

Endlich fand ich sowohl bei zerquetschten, als bei intacten gelben Zellen, dass der Zellkern sich bei Behandlung mit Hämatoxylin oder Carmin stets viel weniger stark als die Radiolarienkerne färben[1]. —

Den bereits vorliegenden Gründen fügte GEDDES (68) noch einen weiteren hinzu, indem er nachwies, dass Thiere mit gelben Zellen Sauerstoff ausscheiden. Wenn auch aus diesem Befunde keineswegs die Algennatur der gelben Zellen hervorgeht, so zeigt er doch, dass Chlorophyll (Diatomin?) in ihnen vorhanden ist.

Endlich hat L. v. GRAFF (88) gezeigt, dass die schon von O. SCHMIDT und CLAPARÈDE bei Convoluten beobachteten braunen Kugeln mit den gelben Zellen der Radiolarien, Actinien etc. übereinstimmen. Für die Algennatur macht v. GRAFF zunächst geltend, dass bei den gelben Zellen der diatominartige Farbstoff in Form wandständiger Platten, die durch farblose Zwischenräume getrennt bleiben, vertheilt sei. In dieser Hinsicht sind die gelben Zellen total verschieden von allen thierischen Pigmentzellen.

Da man ferner niemals Veränderungen wahrnimmt, wie sie wenigstens an einigen derselben im Falle der Verdauung erkennbar sein müssten, so wird auch die Annahme unwahrscheinlich, dass man es hier mit Nahrungsobjecten zu thun habe. Außerdem fand er, dass dieselben braunen Algen, welche in Convoluten vorkommen, auch die Wände seiner Seeaquarien überziehen. Und endlich weist er, eben so wie WITTROCK (71), auf die große Ähnlichkeit der gelben Zellen mit gewissen Entwicklungszuständen von WORONIN's *Chromophyton Rosanoffii* hin.

Außer diesen bereits veröffentlichten Gründen für die Algennatur der gelben Zellen finden sich noch einige neue in den folgenden Abschnitten dieser Arbeit. —

[1] GEDDES (76) hat diesen Satz umgekehrt citirt.

Wie die vorstehende Übersicht zeigt, war bereits vor GEDDES sicher gestellt, dass die gelben Zellen nicht von den Thieren, in denen sie vorkommen, erzeugt sein können, sondern als selbständige pflanzliche Organismen aufzufassen sind, welche, wie es scheint, von außen in die Thiere eindringen. Die beiden einzigen Gründe, welche HERTWIG in seinem ersten Radiolarienwerke für die endogene Natur der gelben Zellen von Radiolarien anführte, habe ich (62) bereits widerlegt. Weder vor noch nach HERTWIG ist sonst irgend eine Beobachtung angeführt worden, welche für die Zugehörigkeit der gelben Zellen zu den Thieren, in welchen sie vorkommen, spräche. Dagegen bewiesen die constatirten Thatsachen, dass dieselben gelben Zellen in ganz verschiedenen Thieren vorkommen, dass sie ein völlig selbständiges Leben führen können und nicht die geringste Abhängigkeit von ihrem Thierwirthe bekunden, dass sie endlich auch einen Zellkern und Stärke enthalten und von einer unzweifelhaften Cellulosemembran umgeben sind, die Selbständigkeit und die Algennatur der gelben Zellen. Eine Zellmembran aus echter Pflanzencellulose hat noch Niemand bei einem unzweifelhaften Thiere nachgewiesen[1]. Ferner kann man auf Grund neuerer Untersuchungen aus der Gegenwart von Stärke mit ziemlicher Bestimmtheit auf das Vorhandensein von Chlorophyll schließen. Es scheint, als ob bei gänzlicher Abwesenheit von Chlorophyll eben so wenig Stärke wie Sauerstoff von einem Organismus producirt werden kann. Bis jetzt hat man selbsterzeugte Stärke nur in chlorophyllführenden Organismen nachgewiesen, und wenn man Amylum in Thieren findet, so ist sein Ursprung leicht durch die Gegenwart von eingemietheten Algen zu erklären (s. u. p. 232 und p. 270 u. f.).

Wenn neuerdings GEDDES (69, p. 361; 76, p. 392) behauptet, zuerst den Beweis dafür geliefert zu haben, dass die gelben Zellen der Radiolarien und Coelenteraten Algen sind, so unterschätzt er den Werth der bereits vorliegenden Mittheilungen anderer Forscher in unverantwortlicher Weise. Als Grund für seine unrichtige Behauptung führt er an:

»For it will not do to ignore, with Dr. BRANDT, such weighty opposing evidence as 1) the recent direct statement of HAMANN that the

---

[1] Bei den Ceratien und anderen Cilioflagellaten ist allerdings eine Zellmembran aus Cellulose gefunden worden, doch gehören diese Organismen möglicherweise nicht den Thieren zu. Das Tunicin des Ascidienmantels bildet nicht die primäre Zellmembran, wie es bei der Cellulose der Pflanzen der Fall ist, sondern secundäre Ablagerungen.

yellow cells of Medusae, etc., are not algae, but unicellular glands, 2) the observation of KRUKENBERG that Anthea cereus did not evolve oxygen in sunlight, or 3) the failure of himself and others to prove the presence of cellulose and chlorophyll, or even to confirm HAECKEL's discovery of starch in Radiolarians, observations which rendered the whole matter so utterly dubious that no botanist, had ever accepted it, although its value, especially to disciples of SCHWENDENER, it obviously great.«

Nach dem oben Mitgetheilten fällt die Behauptung von GEDDES, dass ich eben so wenig wie die anderen Forscher eine Cellulosemembran nachgewiesen habe und dass Niemand vor ihm HAECKEL's Entdeckung der Stärke bestätigt habe[1].

Was sodann den »directen Beweis« HAMANN's (61) für die Drüsennatur der gelben Zellen von Coelenteraten betrifft, so kann ich für seine haltlose Vermuthung kaum den Versuch einer Beweisführung in seiner Arbeit finden. HAMANN begnügt sich damit, die alten Untersuchungen HAECKEL's über conservirte gelbe Zellen der Radiolarien mit den Angaben von O. und R. HERTWIG über das Verhalten lebender gelber Zellen von Actinien gegen Jod zu vergleichen. Eigene Untersuchungen über diesen Gegenstand würden ihm bald gezeigt haben, dass die gelben Zellen der Radiolarien sich im lebenden Zustande eben so gegen Jod verhalten wie die gelben Zellen der Coelenteraten. Sonderbar erscheint dann die Schlussfolgerung: Wenn die gelben Zellen der Radiolarien nicht vollkommen denen der Coelenteraten entsprechen und die ersteren Algen sind, — so sind die letzteren Drüsenzellen. Es ist zu bedauern, dass der Verfasser nicht noch eine andere Thatsache für die Drüsennatur der gelben Zellen beigebracht hat, als die bemerkenswerthe Entdeckung einer »kleinen, schwer erkennbaren Öffnung«, welche »jedenfalls« in der Membran vorhanden ist. Wenn GEDDES dies »direct statement of HAMANN« nennt und es als »weighty opposing evidence« bezeichnet, so könnte er auch behaupten, dass HAMANN den »directen Beweis« für die Jodhaltigkeit der gelben Zellen geliefert habe[2].

Zur Entscheidung der Frage, ob die gelben Zellen zu den Thieren, in welchen sie leben, gehören, hat GEDDES keine neuen Thatsachen aufgeführt; dagegen gebührt ihm das Verdienst, die Erkenntnis der

---

[1] Näheres s. u. p. 210 u. f.

[2] 61, p. 21: »Wir nehmen desshalb mit CIENKOWSKI an, dass die jodhaltigen gelben Zellen der Radiolarien niederste pflanzliche Parasiten sind,« etc.

gelben Zellen durch den sicheren Nachweis von Chlorophyll bereichert zu haben. Aber gerade GEDDES kann am allerwenigsten daraus irgend etwas über die Algennatur der gelben Zellen folgern, da er bis in die neueste Zeit mir gegenüber behauptet, dass verschiedene Thiere (Convoluta, Hydra, Spongilla etc.) selbst erzeugte Chlorophyllkörper enthalten. Wenn er also Chlorophyll in den gelben Zellen nachweist, so spricht das von seinem Standpunkte aus gerade nicht für die parasitäre Natur der gelben Zellen.

3. Die einzelnen Bestandtheile der gelben Zellen.

1) Zellkern.

Der Nucleus der gelben Zellen wurde zuerst von HAECKEL (26, p. 533), und zwar bei den Zooxanthellen von Radiolarien mit Bestimmtheit erkannt. Nach seinen Angaben ist der Kern »ein scharf contourirtes, helles, gewöhnlich kugliges Körperchen, welches oft einen deutlichen Nucleolus enthält. Wenn man die gelben Zellen der Radiolarien mit carminsaurem Ammoniak behandelt, so färbt sich der ganze Inhalt der kugligen Zellen lebhaft roth, jedoch der Kern viel intensiver als das Protoplasma. Wenn man aber dann die gefärbten Zellen in Wasser zerdrückt, so sieht man, dass die den Kern umgebenden Körner, die angeblichen »Pigmentkörner«, sich nicht durch das Carmin gefärbt haben. Der Nucleus tritt auch durch Essigsäure deutlich hervor.« Bald darauf leugnete DÖNITZ (27), welcher in dem »meist vorhandenen hellen Bläschen« kein Kernkörperchen finden konnte, das Vorhandensein eines Kernes. Er stellte sich eigenthümlicherweise vor, dass jeder Zellkern auch ein Kernkörperchen besitzen müsse. HERTWIG (35) hat bereits das Irrthümliche dieser merkwürdigen Vorstellung nachgewiesen, so dass hier nicht weiter darauf eingegangen zu werden braucht. DÖNITZ gegenüber bezeichnet HERTWIG, eben so wie früher HAECKEL, das mit Carmin färbbare große Korn als Zellkern; doch schließt er sich in so fern DÖNITZ an, als er mit ihm den gänzlichen Mangel eines Kernkörpers behauptet. Die Kerne der gelben Zellen sind nach seinen Untersuchungen völlig homogen und gehören, wie die Nuclei coloniebildender Radiolarien, zu den structurlosen, primitiven Kernen. Diese für Radiolarien geltenden Mittheilungen ergänzten O. und R. HERTWIG (48, p. 40) später durch Untersuchungen an gelben Zellen von Actinien. Bei Anwendung von Carmin oder Hämatoxylin konnten sie auch bei diesen Zooxanthellen einen Kern als »kleine ge-

färbte Stelle zwischen den Pigmentkörnchen« nachweisen. Ich (62, p. 398) zeigte später, dass der Kern der gelben Zellen sich gegen Reagentien anders verhalte als die sonst ähnlichen Kerne ihrer Wirththiere. Im Übrigen konnte ich HERTWIG's Untersuchungen bestätigen.

Neuerdings kann ich einige Daten zur Ergänzung noch hinzufügen. Die in den lebenden Zellen nicht immer sichtbaren Kerne lassen sich nach Abtödtung und Färbung deutlich erkennen. Ob man die Abtödtung und Färbung mit Überosmiumsäure und BEALE's Carmin oder mit Chromsäure und Magdalaroth oder mit Sublimat und Boraxcarmin oder endlich mit Pikrinschwefelsäure und Hämatoxylin vornimmt, ist ziemlich gleichgültig. Wenn man dabei die Vorsicht anwendet, allen nur mechanisch von dem Inhalt der Zelle festgehaltenen Farbstoff durch entsprechende Lösungsmittel auszuwaschen, so ist auch allein der aus Kernsubstanz bestehende Theil der Zelle, der Kern, gefärbt. Die Kerne sind meist rundlich und regelmäßig contourirt (Fig. 28, 29, 57), manchmal jedoch auch unregelmäßig und mit Zacken und Spitzen versehen (Fig. 31, 58). Vollkommen homogene Kerne fand ich in den gelben Zellen der *Actinien* (Anthea, Ceriactis, Aiptasia, Gorgonia, Fig. 28—31), *Radiolarien* (Thalassicolla und Sphaerozoiden, Fig. 57—59), so wie den *Siphonophoren* und *Globigerinen*; differenzirte Kerne dagegen in den gelben Zellen von *Convoluta* (Fig. 76—78). In Schnitten durch Convoluten, die mir Herr Dr. LANG freundlichst zur Verfügung stellte, hatten die großen Kerne ein granulirtes Ansehen. Sie schienen ein engmaschiges Netzwerk von stärker färbbaren Fäden zu besitzen.

2) Die Membran und ihre Beschaffenheit.

In seiner Monographie (15, p. 85) sagt HAECKEL von der Membran der gelben Zellen von Radiolarien: »Die Membran ist fest, derb, scharf contourirt und zeigt gegen Reagentien die gewöhnliche Resistenz thierischer Zellmembranen.« Bei seiner späteren Veröffentlichung (26) fügte er nichts hinzu. DÖNITZ (27) gab dann an, dass bei Kali- oder Schwefelsäurezusatz die Membran sich zunächst blasenförmig abhebt und dann völlig auflöst. O. und R. HERTWIG (48, p. 43) behandelten dann isolirte gelbe Zellen von Actinien sowohl mit Chlorzinkjod als auch mit Jod und Schwefelsäure. »Die Membran nahm nach einiger Zeit einen bläulichen Schimmer an, eine ganz überzeugende Reaction trat aber nicht ein. Immerhin möchte in Anbetracht der Kleinheit des Objectes und der nicht völlig sicheren Wirkungsweise der beiden Reagentien das erreichte Resultat schon dafür sprechen, dass die Membran von Cellulose gebildet ist.« Bald darauf behauptete ich (62, p. 398) auf Grund

von Untersuchungen an den gelben Zellen von Radiolarien, dass die Membran der gelben Zellen aus echter Pflanzencellulose bestehe, weil sie doppelbrechend ist und sich bei Anwendung von Jodwasserstoffsäure bläulich färbt. GEDDES (68. p. 303 und 76, p. 382) bestätigte die Blaufärbung der Membran von gelben Zellen bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure auch für Actinien, Velella und Cassiopeia.

Auf Grund neuerer Untersuchungen kann ich noch hinzufügen, dass die schleimartige Hülle der amöbenartigen Zustände solcher Sphaerozoiden-Zooxanthellen, welche wochenlang frei im Wasser leben, ebenfalls aus Cellulose bestehen. Die stark gequollene Membran färbt sich sehr deutlich und schnell violett und dann blau bei Behandlung mit Jodwasserstoffsäure (Chlorzinkjod, bezw. Jod und Schwefelsäure). Außerdem sah ich die Trennungsmembran in sich halbirenden Zellen besonders deutlich violett werden bei Behandlung mit Chlorzinkjod. Wenn man gelbe Zellen von Anthozoen mit Chromsäure oder verdünnter Salzsäure behandelt, so quillt die Membran stark auf und hebt sich von dem Plasma ab. Setzt man darauf Jodjodkalium zu, so tritt eine tiefviolette Färbung der gequollenen Membran ein. In concentrirter Schwefelsäure löst sich, wie DÖNITZ bereits richtig angegeben hat, die Membran gelber Zellen (auch von Coelenteraten) vollkommen auf. Bei Behandlung mit concentrirter Kalilauge dagegen findet keine Auflösung statt. In vielen Fällen platzt allerdings die Membran, wohl in Folge übermäßiger Quellung des Inhalts, und lässt den protoplasmatischen Inhalt heraustreten; aber auch in diesen Fällen bleibt die zerrissene Membran erhalten. Gewöhnlich quillt die Membran nur, bleibt aber sonst unverändert. Berücksichtigt man endlich, dass die Membran auch doppelbrechend ist, so besitzt sie alle wesentlichen Eigenschaften einer Cellulosehülle. Die Doppelbrechung der Membran ist allerdings nur schwach, immerhin aber bei den gelben Zellen der Radiolarien, Siphonophoren und Anthozoen fast stets zu erkennen.

Bei den meisten gelben Zellen ist das Vorhandensein einer Membran nicht im geringsten zweifelhaft. Verhältnismäßig am dicksten ist sie bei den braungefärbten Zooxanthellen der *Anthozoen*, zarter bei den gelben Zellen der *Radiolarien* und *Siphonophoren*. Dagegen konnte ich bisher gar keine Membran bei den gelben Zellen vieler *Acanthometriden* und *Acanthopractiden*, so wie der *Paralcyonien* und *Echinodermen* erkennen. Die starke amöboide Beweglichkeit der Echinodermen-Zooxanthellen und die verschiedenartige und wechselnde Gestaltung der gelben Zellen von Acanthometriden machen es unwahrscheinlich, dass bei diesen Zellen eine Membran vorkommt. Ein Mittel,

das in zweifelhaften Fällen stets zum Nachweise einer Membran bei gelben Zellen führte, die Behandlung mit schwachen Säuren (z. B. Chromsäure 0,5 %), schlug bei den Zooxanthellen der letztgenannten vier Gruppen gänzlich fehl.

3) Der Farbstoff.

Schon HAECKEL (15, p. 86) macht darauf aufmerksam, dass die gelbe Farbe bezüglich ihres Tones und ihrer Intensität mehrfachen Abstufungen unterworfen ist und bei den einen Radiolariengattungen mehr in ein helles Schwefelgelb übergeht, bei anderen dagegen intensiv citrongelb oder gelbbraun erscheint. Noch größer sind die Farbenvariationen, wenn man auch die gelben Zellen anderer Thierclassen mit denen der Radiolarien vergleicht. Die Zooxanthellen vieler Anthozoen sind entschieden rothbraun oder bräunlichviolett, die gelben Zellen der Radiolarien dagegen meist gold- bis schwefelgelb. Zwischen den beiden Extremen, Violett- oder Rothbraun (Anthozoen, Eunice) einerseits und Schwefelgelb (Radiolarien, Siphonophoren) andererseits, kommen bei den gelben Zellen der verschiedenen Thierclassen alle nur denkbaren Abstufungen vor. Manche gelbe Zellen (gewisse Radiolarien, zuweilen auch Rhizostoma Cuvieri) haben auch einen entschiedenen Stich ins Grünliche. Als Unterscheidungsmerkmal für die verschiedenen Arten von gelben Zellen wird man die Farbentöne wegen der vielen Zwischenstufen kaum verwerthen können. Nur einen Unterschied konnte ich stets constatiren: bei Radiolarien finden sich nie braungefärbte, bei Actinien nie gelbgefärbte Zooxanthellen. Dass diese beiden Sorten von gelben Zellen auch sonst erheblich von einander abweichen, wird unten näher ausgeführt werden.

Bezüglich der Vertheilung des gelblichen Farbstoffes hatte HAECKEL[1] früher (15, p. 85) die Ansicht ausgesprochen, dass die in den Zellen vorkommenden Körner die Träger der Farbe seien und nur in seltenen Fällen auch der übrige flüssige Zellinhalt gefärbt sei. Bei späteren Untersuchungen (26, p. 533) gelangte HAECKEL dagegen zu der Überzeugung, dass die gelbe Färbung nicht von den Körnern herrührt, sondern auf Rechnung einer gelben Pigmentlösung zu setzen ist, welche das ganze Protoplasma der Zellen durchtränkt. Ganz richtig ist eigentlich keine dieser beiden Angaben über das Vorkommen des Farbstoffes bei Zooxanthellen von Radiolarien. In den meisten Fällen

[1] Vor HAECKEL hat bereits E. CLAPARÈDE (14) bei den braunen Körpern der *Convoluta paradoxa* das Vorkommen des Farbstoffes in Form wandständiger Körper richtig erkannt.

erscheint allerdings, wie Haeckel in seiner zweiten Mittheilung angiebt, der Farbstoff diffus. immer aber ist der periphere Theil der Zellen sehr viel intensiver gefärbt als der centrale. In vielen Fällen ist sogar ein großer centraler Theil der Zelle vollkommen farblos, während der Membran große und kleinere, intensiv gefärbte Farbstoffstücke (Chlorophyllkörper) anliegen. Wohlabgegrenzte Farbstoffstücke oder -platten finden sich besonders häufig bei den gelben Zellen der *Anthozoen*, seltener bei denen der *Radiolarien* und *Velellen* (Fig. 104, 62—69, 19, 25). Linsen- oder kugelförmige kleine Chlorophyllkörper besitzen die *Acanthometriden*, *Echinodermen* und *Paralcyonium* (Fig. 38—40, 94—97). Bei den Zooxanthellen von *Convoluta Langerhansii* kommt das gefärbte Plasma in Form von unregelmäßig verlaufenden, schmalen und breiteren Strängen vor (Fig. 74, 75, 111, 112). In allen bisher bekannt gewordenen Fällen findet sich der Farbstoff vorwiegend im äußeren Theil der gelben Zellen. Gelbe Zellen, bei welchen besonders der centrale Theil gefärbt wäre, giebt es nicht. Bei den Diatomeen, den Phaeosporeen, Dictyotaceen und anderen Meeresalgen finden sich ebenfalls vorwiegend wandständige Chlorophyllkörper.

Über die Natur des Farbstoffes war bis vor Kurzem sehr wenig bekannt. Claparède (14) wies auf die große Ähnlichkeit des Farbstoffes der Convoluta-Zooxanthellen mit dem Diatomin hin. Darauf hat Haeckel (15, p. 86; 26, p. 534) angegeben, dass durch concentrirte Mineralsäuren der Farbstoff blass grünlichgelb wird und Geddes (68, p. 303) hat schließlich noch festgestellt, dass derselbe bei Behandlung mit Alkohol einen grünlichen Rückstand hinterlässt. Auf Grund dieser unzureichenden Reaction behauptete Geddes, dass der gelbe Farbstoff der Zooxanthellen »identisch« mit dem der Diatomeen sei. Wenngleich durch seine Beobachtung eine gewisse Ähnlichkeit des Farbstoffes der gelben Zellen mit dem Diatomin wahrscheinlich gemacht wird, so kann doch von einem Nachweis der Identität nicht die Rede sein.

Um Näheres über die Natur des Farbstoffes festzustellen, machte ich von verschiedenen Phytozoen und einigen Meeresalgen Alkoholauszüge, die in Bezug auf Fluorescenz, Veränderlichkeit bei Belichtung und spectroskopisches Verhalten mit einander verglichen wurden. Zerschneidet man eine lebende *Ceriactis* in kleine Stücke und behandelt diese mit 90%igem Alkohol, so erhält man nach ½ stündiger Einwirkung des Lösungsmittels einen röthlichgelben, schwach fluorescirenden Farbstoffauszug. Dieser Extract kann nicht von dem rothen thierischen Pigment, sondern nur von den gelben Zellen herrühren, denn das Pigment ist nach wie vor unverändert, während die gelben Zellen ihre

braune Farbe eingebüßt haben und rein grün erscheinen. Um aber in dieser Hinsicht ganz sicher zu gehen, kann man einer lebenden Ceriactis die Tentakelkrone abschneiden, jeden einzelnen Tentakel von der violetten Spitze befreien, und dann in zwei Gefäßen Alkoholauszüge von den Tentakeln einerseits und dem zerkleinerten Thierleibe und den Tentakelspitzen andererseits herstellen. Die Tentakeln sind, wie ich mit Hilfe eines später zu schildernden Verfahrens mit Bestimmtheit festgestellt hatte, nach Abschneiden der violetten Spitze ganz frei von thierischem Farbstoff, dagegen enthalten sie in den Entodermzellen sehr viele gelbe Zellen, welche ihnen die grünlich braune Färbung verleihen. Die hellrothe Farbe des Leibes rührt dagegen vorzugsweise von thierischem Pigment her, das die Ectodermzellen erfüllt. Vergleicht man die Farbstoffauszüge nach halbstündiger Einwirkung des Alkohols, so kann man keinen Unterschied herausfinden. Der thierische Farbstoff wird erst nach ein- oder zweitägiger Einwirkung des Alkohols, wenn die Farbe der gelben Zellen schon größtentheils entfernt ist, ausgezogen.

Behandelt man *Aiptasia diaphana*, welche ganz frei ist von thierischem Farbstoff, oder *Anthea cereus*, die nur wenig eigene Farbe besitzt, in zerkleinertem Zustande mit Alkohol, so erhält man nach der ersten halben Stunde ebenfalls einen röthlichgelben, schwach fluorescirenden Extract. Daraus folgt, dass allgemein bei den bräunlichen Zooxanthellen der Anthozoen zuerst die gelbrothe Farbe ausgezogen wird. In allen Fällen erscheinen jetzt die gelben Zellen bei mikroskopischer Untersuchung nicht mehr, wie im lebenden Zustande, bräunlich, sondern grün.

Wenn man den während der ersten Stunde erhaltenen Farbstoffextract beseitigt und frischen Alkohol aufgießt, so erhält man bei *Aiptasia*, *Anthea* und den Tentakeln von *Ceriactis* nur noch einen rein grünen, stark fluorescirenden Extract. In 24—48 Stunden ist auch der grüne Farbstoff vollständig ausgezogen und die Zooxanthellen sind gänzlich farblos.

Die braune Färbung der lebenden gelben Zellen entsteht also dadurch, dass ein rothgelber und ein rein grüner Farbstoff innig gemischt sind. Der erstere Farbstoff ist sehr viel leichter als der letztere, durch Alkohol ausziehbar und fluorescirt schwächer als dieser.

Eben so wie die braune Farbe der Anthozoen-Zooxanthellen wird auch die gelbe Färbung der Zooxanthellen von *Velellen* und *Radiolarien* durch Mischung zweier Farbstoffe, eines gelben bis röthlich gelben und eines grünen, hervorgerufen. Wenn man Velella mit Alkohol

behandelt, so wird bekanntlich der blaue Thierfarbstoff sofort röthlich und löst sich bald in Alkohol auf. Außerdem aber verändern auch die gelben Zellen während der ersten Stunde ihr Gelb in Grün. Gießt man den rothen Extract der ersten Stunde ab, welcher fast den ganzen Thierfarbstoff und das Gelb der Zooxanthellen enthält, so bekommt man bei weiterer Alkoholbehandlung eine grüne, stark fluorescirende Lösung. Collozoen geben zunächst einen blassgelben, später einen grünen Alkoholauszug.

Ganz ähnlich verhält sich die braune Alge *Haliseris*, eine Dictyotacee. Auch sie giebt bei Alkoholbehandlung während der ersten Stunde einen rothgelben, später einen rein grünen, stark fluorescirenden Farbstoffauszug.

Bei Belichtung verhielten sich die Farbstoffauszüge verschiedener Anthozoen ganz eben so wie die von Haliseris, d. h. der rothgelbe Auszug wurde nur blasser, behielt aber seine Farbe, der rein grüne dagegen wurde ganz blass strohgelb. Dieselbe Entfärbung findet statt, wenn man den grünen Alkoholextract einer mit reinem Chlorophyll versehenen Alge, z. B. *Ulva*, belichtet.

Endlich wurde auch das spectroskopische Verhalten festgestellt und dabei constatirt, dass zwischen den Farbstoffauszügen von Haliseris, Ulva und Gelidium einerseits, von Ceriactis und Anthea andererseits kaum merkliche Unterschiede bestehen. Der ganze violette und blaue Abschnitt des Spectrums und ein Theil des grünen ist absorbirt; der Abschnitt zwischen Grün und Roth ist unverändert; der rothe Theil des Spectrums wird von Ulvaauszügen vollkommen, von den anderen sehr wenig absorbirt. Interessanterweise waren übrigens die anscheinend so verschiedenen rothgelben und grünen Auszüge ihrem spectroskopischen Verhalten nach fast genau gleich.

Da sich die Farbstoffauszüge der genannten Anthozoen in jeder Hinsicht — Farbe, Fluorescenz, Verhalten bei Belichtung und in Bezug auf das Spectrum — eben so verhalten wie die Alkoholextracte chlorophyllhaltiger Meeresalgen, so wird man den Farbstoff der gelben Zellen auch als chlorophyllhaltig zu bezeichnen haben.

Nach Abschluss dieser Untersuchungen erschien Mitte October 1882 eine Arbeit von Krukenberg (83), welche einen Theil der hier aufgeführten Resultate bereits enthält. Vor allen Dingen führt Krukenberg schon an, dass der erste zwölfstündige Alkoholextract von *Anthea* gelbbraun ist, und dass die nächsten Farbstoffauszüge unrein grün, dann rein grün werden. Krukenberg kommt zu dem Schlusse, dass mit Hilfe des Spectroskopes nicht sicher zu entscheiden ist, »ob die Pigmente

der sogenannten ,gelben Zellen' Hepatochromate oder chlorophylloide Farbstoffe sind«. Da ich zu sehr mit anderen Arbeiten beschäftigt war, so konnte ich einige Punkte, in denen KRUKENBERG von mir abweicht, bisher leider noch nicht untersuchen.

KRUKENBERG macht in derselben Arbeit (p. 74) auf eine eigenthümliche Beziehung zwischen dem Vorhandensein von Thierfarbstoff und dem Vorkommen von Algen in Thieren aufmerksam. Er hebt hervor, »dass gerade die purpuridinführenden Actinienspecies *(Cerianthus, Actinia mesembryanthemum)* vor dem Algeneindringling gefeit sind«[1]. Auch ich habe weder bei mikroskopischer Untersuchung Algen in Cerianthus nachweisen können, noch bei tagelanger Einwirkung von Alkohol einen Farbstoffauszug erhalten, noch endlich bei monatelangem, vollständigem Lichtabschluss eine Veränderung der Färbung von Cerianthus erzielen können. Das letztere Mittel ist vorzüglich geeignet, bei niederen Thieren zu entscheiden, ob der Farbstoff pflanzlicher oder thierischer Natur ist oder endlich, ob sowohl ein thierischer als auch ein pflanzlicher Farbstoff vorkommen. Bei meinen, nachher näher zu besprechenden Versuchen über Ernährung von Thieren durch ihre Algenmietherinnen stellte ich gelegentlich fest, dass bei vollständigem Lichtabschluss binnen höchstens acht Wochen sämmtliche Algen vom Thiere ausgeworfen werden, dass dagegen die Actinienfarbstoffe selbst keine Veränderung erleiden. Auf diese Weise konnte constatirt werden, dass *Aiptasia diaphana* und *Cladocora caespitosa* nur pflanzlichen, *Cerianthus membranaceus* nur thierischen und *Anthea cereus* (beide Varietäten) und *Ceriactis aurantiaca* sowohl pflanzlichen als thierischen Farbstoff enthalten. Dunkel gehaltene Exemplare von Aiptasia und Cladocora werden nach zwei Monaten vollkommen farblos, Anthea und Ceriactis dagegen nicht. Die Tentakeln der letzten zwei Arten haben zwar die braungrüne Farbe eingebüßt und sind glashell geworden, doch sind die violetten Spitzen der Tentakeln vollkommen unverändert. Der violette Farbstoff kann also bei diesen Thieren eben so wenig wie bei Cerianthus, welcher ebenfalls monatelang die violette Färbung seines Körpers auch in vollständiger Dunkelheit unverändert bewahrt, pflanzlicher Natur sein. Ein anderer thierischer Farbstoff, der orangeroth ist, findet sich in der ganzen Leibeswand von Ceriactis. Auch er zeigt, eben so wenig wie der grünliche Farbstoff, welchen der Leib von Anthea enthält, eine Abhängigkeit vom Lichte. In Bezug auf Anthea kann ich also die Angaben von GEDDES (76) und KRUKENBERG (83)

[1] cf. O. u R. HERTWIG (48).

vollkommen bestätigen, welche O. u. R. Hertwig (48) gegenüber behaupten, dass die Färbung dieser Actinie nicht allein durch die Algen hervorgerufen werde.

Bei *Ceriactis* scheinen die beiden Farbstoffe, thierische und pflanzliche, sich gegenseitig auszuschließen. Exemplare, welche einen lebhaft roth gefärbten Leib besitzen, enthalten im Entoderm des Körpers wenige oder gar keine gelben Zellen, während man oft sehr viele findet bei Individuen mit blassrother Leibeswand[1]. Der Umstand, dass die Tentakeln oft bei den Exemplaren am tiefsten grünbraun gefärbt waren, welche im Körperentoderm gar keine gelben Zellen besaßen, zeigt, dass die lebhafter roth gefärbten Individuen nicht überhaupt ärmer an Algen sind, sondern in den farbstofffreien Tentakeln, in denen die Algen ungehindert assimiliren können, so viele gelben Zellen, wie nur überhaupt möglich, enthalten. Nur da, wo durch reichliches Vorhandensein von thierischem Farbstoff schon das Ectoderm für Lichtstrahlen undurchdringlich geworden ist, können sich in dem darunter gelegenen Entoderm keine Algen ansiedeln.

Geddes (76) giebt für Gorgonia verrucosa an, dass die rothe Varietät algenfrei sei, die weißlich grüne aber zahlreiche gelbe Zellen enthalte. Es ist auch schwer vorstellbar, wie in den lebhaft roth gefärbten Thieren unter der wenig durchscheinenden oder vielleicht sogar undurchsichtigen Decke gelbe Zellen sollen gedeihen können. Wenn also der rothe Farbstoff erst in größerer Quantität vorhanden ist, können sich Algen nicht mehr im Thier ansiedeln. Ob umgekehrt bei Vorhandensein von wenig rothem Farbstoff in Folge des Einnistens der gelben Zellen die weitere Bildung von rothem Farbstoff unterdrückt und ob der bereits vorhandene Farbstoff beseitigt wird, muss noch festgestellt werden.

4. Die Körner.

Über den Inhalt der gelben Zellen und die Reactionen desselben hat zuerst Joh. Müller (11) einige Angaben gemacht. Er stellte fest, dass die gelben Zellen der Radiolarien »ein paar größere und kleinere Körnchen« enthalten, und dass der Inhalt von Jod gebräunt, von Jod und Schwefelsäure noch tiefer gefärbt wird.

In seiner Monographie bestätigte Haeckel (15, p. 86) Müller's

[1] Beiläufig bemerkt, war bei den blassrothen Ceriactis-Exemplaren nur die äußerste Spitze der Tentakeln blassviolett gefärbt, während die Tentakeln der lebhafter gefärbten Thiere sämmtlich eine ziemlich ansehnliche Kappe tiefvioletten Farbstoffes besaßen.

Angaben über das Verhalten der gelben Zellen gegen Jod. Durch Jod allein werden die gelben Zellen intensiv gelbbraun oder dunkelbraun, bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure (oder Salzsäure) intensiv schwarzbraun gefärbt. Wenn Kalilauge zugesetzt wurde, verschwand die Färbung, die Zellen wurden wieder hell und farblos; wenn er dann abermals Jod und Schwefelsäure einwirken ließ, trat wieder die dunkle Färbung auf.

In einem späteren Aufsatze (26, p. 533) theilt Haeckel die Resultate fortgesetzter genauer Untersuchungen über die gelben Zellen der Radiolarien und ihre Inhaltsbestandtheile mit. Während er früher der Ansicht Müller's gefolgt war, dass die Körner der gelben Zellen die Träger der gelben Farbe seien, das Zellprotoplasma selbst aber nur in Ausnahmefällen Farbstoff enthalte, erklärte er jetzt mit Bestimmtheit, »dass die gelbe Farbe nicht von den Körnern herrührt, sondern auf Rechnung einer gelben Pigmentlösung zu setzen sei, welche das ganze Protoplasma der Zellen durchtränkt«. Von ungefärbten Körnern finden sich meistens 3—6 größere und 20—30 kleinere in dem gleichmäßig gelben Protoplasma der Zellen. Die größten Körner übertreffen bisweilen den Kern an Durchmesser und erreichen ungefähr die Hälfte des Zellendurchmessers. Die Form der Granula ist verschieden, bald kuglig, bald scheibenförmig, bald unregelmäßig rundlich oder vieleckig. Durch Untersuchungen an conservirtem Material stellte er außerdem fest, »dass die geformten Körner in den gelben Zellen der Radiolarien aus einer Substanz bestehen, die nicht von dem Amylum der Pflanzen unterscheidbar ist«. Er fand nämlich, dass die gelben Zellen von Radiolarien, welche mehrere Jahre lang in Liquor conservativus aufbewahrt waren, bei Behandlung mit Jodjodkalium intensiv blau wurden. »Das Blau war ganz reines Dunkelblau, und wie bei den verschiedenen Modificationen des Amylum bald mehr indigo-, bald mehr violettblau, röthlichblau oder schwarzblau. Die Färbung haftete ganz deutlich nur an den im Protoplasma liegenden Körnern.« »Je zahlreicher und größer die im Protoplasma liegenden Körner waren, je mehr sie den Zellenraum erfüllten, desto intensiver schwarzblau war die ganze Zelle. An jungen Zellen, welche bloß eines oder ein paar kleine Körner enthielten, wurden bloß diese blau gefärbt, und die übrige Zelle gelb.«

Durch vor- oder nachherigen Säurezusatz wurde die Jodreaction nicht im geringsten beeinflusst. Dagegen verschwand die Blaufärbung sofort nach Zusatz kaustischer Alkalien. Die Zellen wurden farblos und durchsichtig und quollen stark auf. Wenn nachher wieder Säure und Jod (oder auch nur Wasser und Jod im Überschuss) zugesetzt

wurde. trat stets die Blaufärbung wieder ein. HAECKEL glaubt, dass auch bei Behandlung lebender gelber Zellen mit Jod eine Blaufärbung der Stärkekörner eintrete, und dass er und MÜLLER dieselbe desshalb übersehen habe, weil die intensive gelbe Farbe des Protoplasmas die Bläuung der Körner verdeckt.

Die späteren Forscher über gelbe Zellen haben die Angaben HAECKEL's über Zahl, Gestalt und Größe der Stärkekörner nicht erweitert. Ihr Hauptaugenmerk war auf die Reaction der Körner gerichtet.

Im Allgemeinen haben zunächst CIENKOWSKI und R. HERTWIG die Jodreaction bei den gelben Zellen der Radiolarien bestätigt, Beide allerdings mit einer gewissen Reserve. Nach CIENKOWSKI (29, p. 380 Anm.) sieht man die meisten in gelben Zellen eingeschlossenen Kügelchen sich blau färben, wenn man zunächst mit Alkohol das gelbe Pigment ausgezogen und dann mehrere Male mit starker Jodtinctur eingewirkt hat. »In Chlorzinkjod trat die Färbung schneller und intensiver auf.«

Eben so wenig wie HAECKEL und CIENKOWSKI hat R. HERTWIG (35, p. 18) lebende Zooxanthellen von Radiolarien der Einwirkung von Jod ausgesetzt. Er überzeugte sich jedoch an in Spiritus und Chromsäure conservirten Exemplaren, dass die Körper bei Jodzusatz eine intensiv blauviolette Farbe annehmen, und fügt hinzu: »Ob die Reaction, so wie die übrigen von HAECKEL angegebenen genügen, die Stärkenatur der Körper zu erweisen, lasse ich unentschieden.«

Alle diese Angaben galten nur für die gelben Zellen von Radiolarien. O. u. R. HERTWIG (48, p. 43) waren dann die Ersten, welche auch bei anderen Thieren, und zwar bei Actinien, die gelben Zellen genauer untersuchten. Von den gelben Zellen der Actinien geben sie bezüglich der Körner nur an: »Es gelang uns nicht, durch Jodzusatz Stärke nachzuweisen, welche in den gelben Zellen der Radiolarien durch HAECKEL gefunden worden ist.«

Auf Grund eigener Untersuchungen über gelbe Zellen von Radiolarien sprach ich (62, p. 398) die Überzeugung aus, dass HAECKEL zu weit gegangen sei, als er die Substanz der Körner ohne Weiteres mit der gewöhnlichen Pflanzenstärke identificirte. Da echtes Amylum doppelbrechend ist, so sah ich zu, ob die Körner der gelben Zellen, welche HAECKEL für echtes Amylum hält, ebenfalls diese Eigenschaft besitzen. Ich konnte mich jedoch weder davon überzeugen, noch von einer deutlichen Violett- oder Blaufärbung bei Behandlung lebender oder frisch zerquetschter gelber Zellen mit reinem Jod. Darauf hin sprach

ich die Vermuthung aus, dass die Körner vielleicht aus einer Modification der Stärke bestehen.

Die erste rückhaltlose Bestätigung der Entdeckung von echtem Amylum erfuhr HAECKEL erst durch GEDDES (68, p. 303; 76, p. 382). Bei Radiolarien scheint dieser Forscher die Prüfung auf Stärke nicht vorgenommen zu haben; dagegen hat er bei den gelben Zellen von verschiedenen Coelenteraten (Velella, Actinien, Medusen) eine Blaufärbung der Körner dadurch herbeigeführt, dass er die algenhaltigen Thiergewebe zuerst in Alkohol entfärbte, dann einige Stunden in schwacher Kalilösung macerirte, darauf durch verdünnte Essigsäure wieder neutralisirte und schließlich mit Jodlösung und starker Schwefelsäure versetzte. Wie man sieht, ist das nur eine unnütze Complication des Verfahrens, mit Hilfe dessen von HAECKEL, CIENKOWSKI und HERTWIG Stärke in den gelben Zellen der Radiolarien bereits nachgewiesen ist. Es ist allerdings sehr verdienstlich, dass GEDDES auch bei den gelben Zellen gewisser Coelenteraten die Blaufärbung der Körner durch Jod und Schwefelsäure nachgewiesen hat; doch hat er damit meine bei Radiolarien gemachten Einwände nicht widerlegt. Er hat weder die Blaufärbung der Körner von frischen gelben Zellen durch reines Jod gezeigt, noch die Doppelbrechung der Körner nachgewiesen.

Neuere Untersuchungen an gelben Zellen der verschiedensten Thiergruppen haben sowohl die früher von mir angegebenen Thatsachen, als auch die Annahme, dass die Körner aus einer Modification der Stärke bestehen, bestätigt. Die Untersuchung wurde meist in der Weise ausgeführt, dass die lebend isolirten gelben Zellen zum Theil zerquetscht wurden. In dem herausquellenden Inhalt konnte man dann nicht allein die Bestandtheile der frischen gelben Zellen besser als in intacten Zooxanthellen feststellen, sondern auch mit größerer Sicherheit die Einwirkung von Reagentien beobachten und die Untersuchung über Doppelbrechung anstellen. Die Untersuchungen ergaben, dass in allen gelben Zellen mindestens zwei Sorten von Körnern, die sich chemisch und physikalisch verschieden verhalten, vorkommen, nämlich:

1) Körner, welche eine Vacuole enthalten und desshalb im optischen Querschnitt als Ringe erscheinen. Sie sind niemals doppelbrechend, stets farblos (bis blassbläulich), und werden mit reinem Jod braun bis violett, unter gewissen Umständen aber auch blauviolett gefärbt.

2) Körnchen, welche compact und zum großen Theile doppelbrechend sind, eine unregelmäßige Gestalt besitzen, röthlich bis violett erscheinen und durch Jodbehandlung nicht verändert werden.

Was zunächst die mit Jod färbbaren Körner betrifft, die wohl den »Stärkekörnern« der Autoren entsprechen, aber, wie die Eigenschaften zeigen, nicht aus echtem Amylum bestehen, so finden sich dieselben in verschiedener Anzahl in einer gelben Zelle. Die gelben Zellen von Anthozoen (Anthea, Aiptasia, Cladocora, Gorgonia etc.) enthalten fast ausnahmslos nur ein solches hohles Korn (Fig. 1—27), dagegen besitzen diejenigen der Radiolarien und Siphonophoren stets deren mehrere (3, 4 bis 10 oder 12 [Fig. 32—37, 50—59]). Weniger verschieden ist die Größe. Der Durchmesser übertrifft nicht selten den des Zellkernes, ist aber häufig auch geringer. Wichtigere Unterschiede sind in Bezug auf die Dicke der Wandung der Hohlkugeln vorhanden. Bei den Zooxanthellen der Anthozoen (Fig. 10, 23) z. B. ist die Wand stets sehr viel dicker als bei denen der Radiolarien (Fig. 52). Bei den ersteren liegt auch die Vacuole nicht immer central, sondern häufig excentrisch, manchmal ist sie sogar nicht allseitig umschlossen, sondern öffnet sich mehr oder weniger weit nach außen. Das Stärkekorn erscheint alsdann auch wohl wie eine halbe Hohlkugel oder gar nierenförmig. Die Größe der Vacuole ist bei den gelben Zellen eines und desselben Thieres oft erheblich verschieden; bei einigen groß, bei anderen ganz klein, doch selten fehlt sie ganz. Im letzteren Falle stellt das Korn eine Vollkugel dar. Die Gestalt ist allerdings meist kugelförmig; doch kommen auch ellipsoide, langgestreckte, bisquitförmige und unregelmäßige Formen vor.

Der Hohlraum innerhalb der Körner ist gewöhnlich nicht durch Jod färbbar. Nur wenn man sie kurz vor der Untersuchung stark belichtet hat, färbt sich der Vacuoleninhalt violett. Dagegen zeigt die Wand fast stets eine mehr oder weniger deutliche, rothbraune oder violette Färbung schon mit reinem Jod. — Zerquetscht man eine lebende gelbe Zelle von *Anthea*, so sieht man, dass das isolirte hohle Stärkekorn eine blassbläulich erscheinende Wand besitzt. Dasselbe kann man erkennen, wenn man eine solche gelbe Zelle durch Alkohol von ihrem Farbstoff befreit. Behandelt man dann die lebend zerquetschte oder auch die mit Alkohol entfärbte gelbe Zelle mit Jodjodkalium, so tritt alsbald eine röthliche, dann rothviolette und schließlich blauviolette Färbung des hohlen Stärkekornes ein. Kein anderer Inhaltsbestandtheil der Zelle nimmt eine derartige Färbung an (Fig. 3, 7). Hat keine besondere Belichtung vor der Untersuchung stattgefunden, so wird nur die Wand des Stärkekornes, nicht aber die Vacuole desselben gefärbt (Fig. 12). Befand sich die Anthea, deren gelbe Zellen untersucht wurden, längere Zeit in einem mangelhaft belichteten Raum, so wurde

bei Jodbehandlung die Wand des Stärkekornes nur rothbraun oder im besten Falle rothviolett, nicht aber blau. Nach intensiver Belichtung dagegen trat alsbald in den lebend zerquetschten gelben Zellen eine rothviolette, dann blauviolette Färbung der Wand und eine eben solche, nur blassere Färbung der Vacuole ein (Fig. 13). Dass bis jetzt noch Niemand eine Blaufärbung der Körner von lebenden gelben Zellen beobachtet hat, liegt also hauptsächlich daran, dass wir keine besondere Belichtung der Reaction vorhergehen ließen. Dagegen hat es nur geringen Einfluss, ob man die Reaction an lebenden und zerquetschten gelben Zellen vornimmt oder an solchen, die mit Alkohol, verdünnter Kalilauge und verdünnter Säure behandelt sind. Bei Gegenwart von Säure ist die Jodwirkung allerdings intensiver: doch erhält man auch dabei nie eine tiefblaue Färbung von gelben Zellen, die nicht kurz vor der Reaction stark belichtet wurden.

Für die Stärkenatur der Hohlkugeln gelber Zellen spricht außer der Jodreaction auch das Verhalten gegen Säuren und Alkalien. Sie werden unter starker Quellung gelöst bei Behandlung mit Kalilauge und verschwinden allmählich bei Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure. Gegen die Identificirung mit echter Pflanzenstärke spricht hauptsächlich der gänzliche Mangel der Doppelbrechung. Ich habe niemals in den gelben Zellen der Protozoen und Coelenteraten eine doppelbrechende Substanz gefunden, welche sich nachher mit Jod violett oder blau färbte. Doppelbrechende Körner kommen allerdings vor, doch sind dieselben in Größe, Form und Verhalten gegen Jod vollkommen verschieden von den Stärkekörnern.

Ähnliche hohle Stärkekörner kommen bekanntlich bei vielen Algen des Meeres und des süßen Wassers, so wie bei einigen höheren Pflanzen vor. Ob auch sie, eben so wie die Stärkekörner der gelben Zellen, stets einfach brechend sind, vermag ich nicht anzugeben. *Ulva* und *Haliseris*, die ich allein näher darauf untersuchte, besitzen hohle Stärkekörner, welche in Größe, Lichtbrechung, Gestalt, Verhalten in polarisirtem Lichte, Färbbarkeit mit Jod und deren Abhängigkeit von voraufgegangener Belichtung genau mit denen der braunen Zooxanthellen von Anthozoen übereinstimmen. In Meeresdiatomeen habe ich solche hohle Stärkekörner bisher noch nicht aufgefunden.

Die doppelbrechenden Körnchen können bei allen gelben Zellen vorkommen, doch richtet sich ihre Zahl, ihre Größe und die Stärke der Doppelbrechung nach der Belichtung, eben so wie bei den hohlen Stärkekörnern die Größe der Vacuole und die Färbbarkeit mit Jod in directer Abhängigkeit von vorhergegangener Belichtung ist.

Beide Arten von Körnern, die doppelbrechenden sowohl, als auch die mit Jod färbbaren, sind Assimilationsproducte der gelben Zellen (s. u. p. 268).

So lange die doppelbrechenden Körner sich innerhalb der gelben Zellen befinden, erscheinen sie gewöhnlich intensiv braun oder violett, in isolirtem Zustande aber blass violett oder schwach rothbraun. Sie sind compact, besitzen ein starkes Lichtbrechungsvermögen und werden bei Behandlung mit Jod nicht verändert. Die Doppelbrechung erkennt man, eben so gut wie in lebenden gelben Zellen, auch in Balsampräparaten.

Außer den doppelbrechenden Körnchen kommen auch ähnliche kleine, einfachbrechende Körnchen vor, die sich zum Theil durch ihr Verhalten gegen Jod als Stärkekörner erweisen, z. B. bei Radiolarien (incl. Acanthometriden) und Siphonophoren. In seltenen Fällen konnten außerdem bei Radiolarien und Anthozoen Fettkugeln beobachtet werden, die zuweilen eine sehr beträchtliche Größe (0,003 mm) besaßen und sich in absolutem Alkohol vollkommen auflösten.

4. Specielle Beschreibung der gelben Zellen verschiedener Thiere.

1) Gelbe Zellen von Anthea, Aiptasia, Heliactis, Gorgonia und Cladocora (Fig. 1—19, 21—23, 27—29, 98—107).

Bei den Anthozoen:
Anthea cereus var. *plumosa*,
- - - *smaragdina*,
Aiptasia diaphana Rapp. (A. Chamaeleon Grube), 2 Varietäten,
- *turgida*,
Heliactis bellis (HEIDER's *Sagartia troglodytes*)[1],
Gorgonia verrucosa und
Cladocora caespitosa

finden sich in den Entodermzellen Zooxanthellen, welche im Wesentlichen übereinstimmen.

Die gelben Zellen der genannten sechs Anthozoen-Species besitzen zwar einen braungelben Farbstoff, erscheinen aber schmutzig braun, weil gewöhnlich violettbraune, sehr feine Körnchen in großer Menge

[1] GEDDES spricht einmal von *Helianthus* troglodytes (76, p. 384). Wahrscheinlich meint er *Heliactis*, wenigstens giebt es keine Actinie, die den Namen Helianthus führte.

vorhanden sind. Der Farbstoff findet sich meist in Form von braungelben Stücken, die der Membran dicht anliegen und sich oft nach dem fast farblosen Centrum ziemlich scharf absetzen. Manchmal kommen aber auch Zellen vor, bei welchen der Farbstoff die ganze Zelle gleichmäßig zu erfüllen scheint. Endlich begegnet man auch Zwischenstufen dieser beiden Extreme, bei denen das Pigment hauptsächlich auf die Peripherie beschränkt ist, aber nicht, wie im ersten Falle, in Form von einzelnen Stücken oder Platten sich findet.

Die Form der Zellen ist fast immer kuglig, seltener abgerundet eckig. Nur in vereinzelten Fällen bemerkte ich, und zwar bei Aiptasia diaphana, eiförmige gelbe Zellen (Fig. 19), die in Größe und Gestalt, in der Anordnung des Farbstoffes zu wandständigen Platten, so wie im Besitze von zahlreichen violetten Körnchen genau mit gewissen Algenschwärmern (Fig. 20) übereinstimmten, welche im »Auftrieb« sehr häufig vorkommen. Die Größe der Zellen ist geringer als bei denen der meisten übrigen Thiere. Der Durchmesser beträgt nämlich nur 0,006—0,01 mm.

Ein Zellkern ließ sich bei Anthea und bei Aiptasia durch auf einander folgende Behandlung mit Chromsäure, Magdala und Alkohol, resp. von Pikrinschwefelsäure, Spiritus, KLEINENBERG's Hämatoxylin und Alkohol, in Balsampräparaten sicher nachweisen. Er liegt gewöhnlich excentrisch, zuweilen sogar dicht an der Zellmembran und stellt eine vollkommen homogene Kugel dar (Fig. 28, 29).

Außerdem befindet sich in den Zellen stets ein großes hohles Stärkekorn (Durchmesser 0,002—0,005 mm). Die Vacuole desselben ist oft nur klein (Fig. 11—13, 23). Durch die bedeutende Dicke der Wandung lassen sie sich leicht von den sehr dünnwandigen Hohlkugeln der Zooxanthellen von Collozoen unterscheiden. Die Form ist sehr verschieden. Wie bereits im allgemeinen Theil hervorgehoben ist, werden diese Stärkekörner durch Jodjodkalium zunächst gelb, dann braunviolett und schließlich violettblau gefärbt; dagegen sind sie niemals doppelbrechend.

Endlich enthalten die gelben Zellen der Anthozoen eben so wie alle später zu beschreibenden gelben Zellen, stark lichtbrechende Körnchen, die gewöhnlich feiner sind als bei anderen gelben Zellen, in großer Anzahl vorkommen und innerhalb der gelben Zellen bräunlich bis bräunlichviolett, in isolirtem Zustande aber blassviolett erscheinen. Bei Anwendung des Polarisationsapparates zeigt sich, dass stets einige dieser violetten Körnchen doppelbrechend sind (Fig. 98—107).

2) Gelbe Zellen von Ceriactis (Fig. 27—29, 108).

Die im Entoderm von *Ceriactis aurantiaca* vorkommenden Zooxanthellen sind denjenigen der sechs anderen Anthozoen-Species sehr ähnlich. Sie besitzen wie diese nur eine einzige dickwandige Hohlkugel aus stärkeartiger Substanz und enthalten violette Körner, die wie bei den gelben Zellen der anderen Anthozoen doppelbrechend sind (Fig. 108). Dagegen unterscheiden sie sich durch etwas bedeutendere Größe (Durchmesser 0,009—0,015, meist 0,011—0,012 mm), so wie in der Färbung und in der Größe der violetten, doppelbrechenden Körner. Während nämlich bei den oben aufgeführten Anthozoen die gelben Zellen zahlreiche, sehr feine Körnchen enthalten, die stark vertheilt sind und den Inhalt trübe erscheinen lassen, finden sich in den gelben Zellen von Ceriactis wenige größere Körner und oft auch eine Anzahl feiner Körnchen, die aber nicht vertheilt, sondern zum Klumpen zusammengeballt sind. Daher erscheinen die gelben Zellen von Ceriactis nicht trübe, wie die der Antheen, Aiptasien etc., sondern klar und ziemlich durchsichtig. Der Zellkern lässt sich schwerer als bei Anthea und Aiptasia deutlich machen. In vielen Fällen sieht man ihn nach Behandlung mit Chromsäure und Hämatoxylin ganz deutlich (Fig. 30, 31), oft aber wird er durch die glänzenden, ungefärbten Körner mehr oder weniger verdeckt.

3) Gelbe Zellen von Cassiopeia borbonica (Fig. 24—26, 110).

Die gelben Zellen finden sich zu Tausenden in jeder der braunen Saugkrausen von *Cassiopeia*, gewöhnlich in Klumpen von 10—30 zusammen. Der gelbbraune Farbstoff ist oft auf wandständige Platten beschränkt, ähnlich wie bei den bisher geschilderten Formen von gelben Zellen. In der Größe so wie in der Färbung entsprechen die Cassiopeia-Zooxanthellen denjenigen von Anthea etc., dagegen nähern sie sich den gelben Zellen von Ceriactis dadurch, dass sie nicht trübe, sondern klar gefärbt sind und statt vieler feiner Körnchen einige ziemlich große Körner besitzen. Bei belichteten gelben Zellen finden sich sehr viele doppelbrechende Körnchen, bei unbelichteten dagegen nur ganz vereinzelte und nicht einmal in allen Zellen. Der Durchmesser der gelben Zellen beträgt 0,007—0,01 mm.

Rhizostoma Cuvieri enthält, wenn überhaupt, nur wenige gelbe Zellen. Ich fand dieselben auch nicht in den Saugkrausen, sondern nur in den Mundarmen. In einigen Fällen waren sie grünlichgelb, in anderen

schmutzig gelbbraun. Gewöhnlich erscheinen sie ziemlich trübe und undurchsichtig wegen des Vorhandenseins zahlloser feiner Körnchen. Da sie nur ein großes Stärkekorn besitzen, wie die bisher aufgeführten gelben Zellen, so schließen sie sich passend hier an.

4) Gelbe Zellen von Vorticella n. sp. (Fig. 35, 48, 49).

Auf dem Hydroidpolypen *Aglaophenia* kommt eine noch nicht beschriebene Art von *Vorticella*[1] vor, welche häufig gelbe Zellen enthält. Sonderbarerweise sind gerade diejenigen Exemplare der Vorticella, welche gelbe Zellen enthalten, nie ganz ausgestreckt. Das Peristom ist bei allen mehr oder weniger eingezogen (Fig. 48, 49), während die algenfreien Exemplare gewöhnlich in viel regerem Verkehr mit der Umgebung stehen. Die Zahl der gelben Zellen in einer Vorticelle ist verschieden. Gewöhnlich fand ich 6—8 in jedem Glockenthierchen, zuweilen weniger, selten mehr (bis 12).

Die Vorticella-Zooxanthellen sind keineswegs immer kuglig, sondern oft abgeplattet und unregelmäßig. Ihre Membran ist nicht selten etwas faltig. Die Farbe ist gelb bis gelbbraun. Der Durchmesser beträgt 0,008—0,01 mm. In Bezug auf das Vorkommen violetter Körner stimmen diese gelben Zellen mit denen von Ceriactis, den Siphonophoren und Radiolarien ganz überein. Die Anzahl der hohlen Stärkekörner ist bei den einzelnen gelben Zellen ziemlich verschieden. Mindestens ist ein großes Stärkekorn vorhanden, oft aber auch zwei, drei und mehr. Hierin stimmen diese gelben Zellen wesentlich mit den gelben Zellen der Siphonophoren und Radiolarien überein und unterscheiden sich nicht unerheblich von den mehr bräunlichen Zooxanthellen der Anthozoen.

Nach HAMANN (75) sollen auch in *Aglaophenia* selbst gelbe Zellen vorkommen, doch habe ich diese Angabe bisher noch nicht bestätigen können.

5) Gelbe Zellen von Velella und Porpita (Fig. 32—34, 109).

Bei Velella finden sich die gelben Zellen, wie überhaupt bei Coelenteraten, nur im Entoderm. Die medusoiden Knospen enthalten gewöhnlich sehr viele dicht an einander gedrängte gelbe Zellen, die polypoiden Sprösslinge dagegen scheinen stets frei davon zu sein.

Die dotter- bis bräunlich- oder grüngelbe Farbe ist größtentheils

[1] Herr Dr. IMHOF wird diese Vorticella näher beschreiben und benennen.

auf die Peripherie beschränkt. Der Durchmesser der Zellen beträgt 0,007—0,014, meist 0,009—0,01 mm. Stark ausgehöhlte, dünnwandige Stärkekugeln sind bis zu 8, gewöhnlich 3—4, vorhanden. Von den übrigen Körnern haben einige blassviolette oder deutlich rothviolette Granula zuweilen fast den Durchmesser der Stärkekugeln. Außer violetten Körnern kommen auch farblose vor. Wenn Velella längere Zeit diffusem Tageslicht ausgesetzt gewesen ist, so finden sich gar keine doppelbrechenden Körner in den gelben Zellen. Nur nach directer Einwirkung des Sonnenlichtes treten sehr feine doppelbrechende Körnchen im peripherischen Theile der Zellen auf.

Haeckel (15, p. 138) hat bereits darauf aufmerksam gemacht, dass zwischen den gelben Zellen der Velellen und denjenigen der Radiolarien eine überraschende Ähnlichkeit bestehe. In der That unterscheiden sie sich von diesen auch nur in geringfügigen Punkten, nämlich durch geringere Größe und ihre häufig unregelmäßige Gestalt; im Wesentlichen aber stimmen sie mit ihnen überein.

In manchen Fällen kommen in Velellen außer den stets vorhandenen gelben Zooxanthellen auch sehr viel kleinere rothbraun gefärbte Algen (Fig. 34) vor, die sich außer durch die Farbe auch noch in Bezug auf Größe und Inhalt von den ersteren unterscheiden. Die braunen Algen entsprechen nämlich vollkommen denen der Antheen etc.: sie haben wie diese einen Durchmesser von 0,006—0,007 mm und besitzen nur ein großes hohles Stärkekorn mit verhältnismäßig sehr dicker Wandung. Übergänge zwischen den beiden leicht unterscheidbaren Sorten von Zooxanthellen der Velella fehlten vollkommen. Hieraus folgt erstens, dass die Verschiedenheiten der gelben Zellen nicht durch den Aufenthaltsort, durch die Verschiedenheit der Bedingungen, welche sie in ihren verschiedenen Wirththieren finden, hervorgerufen werden, und zweitens, dass in einem und demselben Thiere, ja in derselben Zelle eines Thieres, mehrere Arten von Algen neben einander vorkommen können. Ähnliches hat bereits F. E. Schulze (45) bei Schwämmen gefunden. Er entdeckte in Spongelia pallescens zwei verschiedene Algen, eine Phycochromacee und eine Floridee (s. unten p. 227).

6) Gelbe Zellen der Radiolarien mit Ausnahme der Acanthometriden (Fig. 46, 47, 50—59).

Die gelben Zellen der Radiolarien mit Ausnahme der Acanthometriden kommen nur in der Gallerte und der extracapsulären Sarkode vor und scheinen bis auf gewisse Größenverschiedenheiten sich einander

sehr ähnlich zu sein. Zwischen den gelben Zellen der *Thalassicollen* und denen der verschiedenen *Sphaerozoiden* ließen sich gar keine nennenswerthen Verschiedenheiten auffinden, so dass sie gemeinschaftlich besprochen werden können. Die gelben Zellen dieser Radiolarien sind gewöhnlich goldgelb mit einem Stich ins Grünliche oder Braune, niemals aber besitzen sie die rothbraune Farbe der Zooxanthellen von Actinien. Die Farbe ist gewöhnlich auf den peripherischen Theil der Zellen beschränkt, doch ist sie seltener als bei Actinien von dem centralen farblosen Theil scharf abgesetzt. Der homogene Zellkern ist nach Abtödtung mit Alkohol, Chromsäure, Sublimat oder Pikrinsäure leicht durch Kernfärbungsmittel (Beale's Carmin, Hämatoxylin, Magdala) deutlich zu machen. Er ist nicht immer kuglig, sondern oft mit kleinen spitzen Fortsätzen versehen (Fig. 57—59). Die Stärkekörner, deren sich pro Zelle gewöhnlich 4—6 oder mehr (bis 12) finden, stellen sehr dünnwandige Hohlkugeln dar (Fig. 52 u. a.). Die Wand ist nur selten vollständig, so dass das Korn im optischen Querschnitt wie ein mehrfach unterbrochener dünner Ring aussieht. Die Körnchen neben den hohlen Stärkekörnern erscheinen, wie bei anderen gelben Zellen, zum großen Theil violett. Ganz feine doppelbrechende Körnchen finden sich nur nach starker Belichtung. In dieser Hinsicht stimmen die gelben Zellen der Radiolarien ganz mit den überhaupt sehr ähnlichen der Velellen überein und weichen von denjenigen der Anthozoen erheblich ab.

Die gelben Zellen der übrigen Radiolarienfamilien, abgesehen von den Acanthometriden, habe ich nicht näher untersucht. Nach Haeckel's Angaben (15, p. 85) stimmen sie mit den gelben Zellen der Colliden und Sphaerozoiden bis auf die Größe überein. Während bei den letztgenannten Familien die Zooxanthellen einen Durchmesser von 0,015—0,025 mm erreichen, finden sich bei *Cladococciden* und *Spongosphaeriden* gelbe Zellen von 0,008 mm, bei den meisten *Ethmosphaeriden* und *Ommatiden* von 0,005—0,01 mm Durchmesser. Bei den *Cyrtiden* ist die Größe der gelben Zellen verschieden: entweder sind sie sehr klein (Eucecyrphalus und Arachnocorys) oder sehr groß (Eucyrtidium, Dictyopodium).

Echte gelbe Zellen vermisste Hertwig (44, p. 119) bei *Heliosphaera*, *Arachnosphaera* und *Thalassolampe*. Bei mehreren Arten dieser Gattungen fand er jedoch gelbe, unregelmäßig contourirte Körper vor, die er für Pigmentkörner ansieht. Außerdem hat Hertwig nie bei *Disciden* gelbe Zellen gesehen.

7) Gelbe Zellen von Zoobothrium pellucidum.

Die gelben Zellen, welche ich bei *Zoobothrium pellucidum* in der Magenwand und der Endocyste fand, entsprechen in Farbe, Vertheilung des Inhaltes etc. vollkommen denen der Radiolarien. Sie sind gelb mit einem Stich ins Grünliche und besitzen einen Durchmesser von 0,018 mm.

8) Gelbe Zellen von Globigerina echinoides (Fig. 36, 37).

In allen Exemplaren der pelagisch lebenden Foraminifere *Globigerina echinoides* fand ich zahllose, meist ovale gelbe Zellen. Sie waren goldgelb, besaßen mehrere hohle, sehr dünnwandige Stärkekörner und enthielten außerdem feine, violett erscheinende Körnchen. Sie stimmten ganz mit den gelben Zellen der Radiolarien überein, nur besaßen sie eine geringere Größe als diese (0,006—0,01 mm). Wahrscheinlich sind sie identisch mit den kleinen gelben Zellen, welche HAECKEL in den Radiolarienfamilien der Ethmosphaeriden und Ommatiden beobachtet hat.

M. SCHULTZE (9) und CARPENTER (10) fanden in *Rotalien* bezw. *Orbitolites* rundliche Körper, die nach der Beschreibung, in Bezug auf Form, Größe und Inhalt, namentlich aber nach den Abbildungen, welche CARPENTER (Taf. IV Fig. 11) giebt, gelbe Zellen zu sein scheinen. MOSELEY (50) hat bereits gezeigt, dass diese Körper nicht mit SCHULTZE und CARPENTER für Fortpflanzungskörper zu halten sind, sondern als eingedrungene einzellige Algen, die mit den gelben Zellen der Radiolarien übereinstimmen, aufgefasst werden müssen. CARPENTER glaubte, dass man die Körper nicht als pflanzliche Organismen auffassen darf, weil sie viel zu groß sind, um die Marginalporen passiren zu können. Diese Beobachtung spricht sehr dafür, dass die gelben Zellen als sehr kleine Körperchen einwandern und sich erst im Thierleibe zu der gewöhnlichen Größe entwickeln. In ähnlichem Sinne ist die zuerst von HAECKEL (15, p. 85) gemachte Angabe, dass bei Collosphaera sich große gelbe Zellen innerhalb einer Gitterschale mit oft sehr kleinen Öffnungen befinden, zu verwerthen.

Die von mir bei Globigerina echinoides als gelbe Zellen erkannten ovalen Körper sind schon von STUART (18) und HAECKEL gesehen und von ersterem als »Kerne«, von letzterem als »Pigmentkörper« gedeutet worden. In seiner »neuen Radiolarie« *Coscinosphaera ciliosa*, die, wie

HAECKEL (26, p. 534 Anm.) bereits hervorgehoben hat[1], mit der längst bekannten Foraminifere Globigerina echinoides identisch ist, fand STUART gelbe ovale Körper, welche er als Kerne auffasst. Sie bestehen aus einer compacten Masse, welche verschieden große Körnchen enthält und von einem sehr dünnen durchsichtigen Häutchen umgeben ist.

9) Gelbe Zellen von Hircinia variabilis (Fig. 42—45) und Reniera cratera. Nebst einem Anhange über das Vorkommen von Algen und Stärke in Schwämmen.

F. E. SCHULZE (46) entdeckte in der Rindenschicht mancher Exemplare von *Hircinia variabilis* große Mengen von glatten kugligen Körpern. Dieselben besaßen einen Durchmesser von 0,006—0,01 mm, waren von violettbrauner Färbung und ließen deutlich eine äußere durchsichtige Membran und eine von zahlreichen Körnchen durchsetzte Inhaltsmasse unterscheiden. BOWERBANK, O. SCHMIDT und KÖLLIKER hatten diese Körper schon bemerkt und als Keimkörner der räthselhaften Filamente von Hircinia gedeutet. SCHULZE dagegen hält die Gebilde für einzellige Algen, und zwar um so mehr, als er zahlreiche Theilungsstadien beobachten konnte. Er fand nämlich außer kugligen auch längliche Formen, die zum Theil eine ringförmige Einschnürung und deutliche Septenbildung zeigten. Die Algen kamen nur bis zu 2 mm Tiefe in der Rindenschicht des Schwammes vor.

Die beiden Exemplare von Hircinia variabilis, die ich selbst untersuchte, enthielten Körper, auf welche die Beschreibung von SCHULZE ganz gut passte, nur nicht in Bezug auf die Farbe. Die von mir beobachteten Algen waren fast reingelb mit wenig Braun und stimmten in sämmtlichen Eigenschaften mit den gelben Zellen überein. Da bei den gelben Zellen die Färbung nicht immer die gleiche ist und auch violettbraune Zooxanthellen vorkommen, so glaube ich, dass auch F. E. SCHULZE »gelbe Zellen« vor sich gehabt hat. Die von mir beobachteten gelben Zellen der Hircinia (Fig. 42—45) besaßen einen Durchmesser von 0,005—0,01 mm und zeigten eine deutliche Membran. Der Farbstoff war in großen gelben Zellen in Form wandständiger Platten vorhanden, bei den kleinen mehr diffus. Die gelben Zellen enthalten größere unregelmäßige und außerdem ganz feine Körner, welche, wie bei anderen gelben Zellen, violett bis bräunlich erscheinen. In einigen gelben Zellen waren einige kleine Körnchen doppelbrechend. Außerdem war meist

[1] Auch R. GREEFF (22) hatte schon bemerkt, dass Coscinosphaera eher eine Foraminifere als ein Radiolar sei.

ein hohles Stärkekorn vorhanden, das im Leben schwer, nach Behandlung mit Alkohol oder verdünnter Chromsäure aber leicht und deutlich zu erkennen ist (Fig. 44). Die Hohlkugeln sind gewöhnlich sehr dünnwandig und färben sich bei Behandlung mit Jodjodkalium deutlich violett. Dabei tritt zugleich auch eine Violettfärbung von mehreren der großen Körner auf, besonders wenn man die gelben Zellen kurz vor der Reaction der Einwirkung directen Sonnenlichtes ausgesetzt hat. Die Färbung verschwand bei Zusatz von Alkali und trat wieder auf, wenn man durch Säurezusatz das Alkali beseitigte und neue Jodlösung zuführte. In mehreren gelben Zellen konnte endlich durch Hämatoxylinbehandlung ein homogener Kern nachgewiesen werden.

Die gelben Zellen überleben die Hircinien. Man findet auch in vollkommen abgestorbenen Hircinien noch lebende gelbe Zellen und kann bei Objectträgerculturen isolirter gelber Zellen sich noch nach zwei Wochen (länger habe ich den Versuch nicht ausgedehnt) davon überzeugen, dass sie sowohl an Zahl bedeutend zugenommen haben als auch assimilationsfähig sind. Behandelt man, um das letztere festzustellen, einen Theil dieser cultivirten gelben Zellen nach kurzer Einwirkung directen Sonnenlichtes mit Jodjodkalium, so tritt eine intensivere und reichlichere Violettfärbung ein, als bei den anderen gelben Zellen, die in diffusem Tageslicht geblieben sind.

Ganz ähnliche gelbe Zellen wie bei Hircinia variabilis fand ich auch in einer lebenden *Reniera cratera*. Die gelben Zellen waren in diesem Schwamm weniger zahlreich, lagen meist klumpenweise beisammen und besaßen zum Theil eine sehr dichte, farblose Hülle. Wahrscheinlich kommt also die von Cienkowski und mir bei isolirten gelben Zellen von Radiolarien beobachtete starke Quellung der Cellulosemembran (Palmella-Zustand) auch zuweilen innerhalb lebender Thiere vor. Außerdem sah ich unter den gelben Zellen dieser Reniera auch eine, die in Form und Inhalt mit freien Algenschwärmern und den bei Aiptasia beobachteten ellipsoiden gelben Zellen übereinstimmten. Sie besaß wie diese eine länglich eiförmige Gestalt, hatte an einem Ende eine leichte Einkerbung und enthielt wandständige Farbstoffplatten und röthliche, glänzende Körner[1].

Bei keiner Gruppe von Thieren sind so frühzeitig wie bei den Schwämmen Algen entdeckt und in keiner anderen Thiergruppe ist bis jetzt eine so überraschende Mannigfaltigkeit der Algenformen nachgewiesen worden. Während bisher bei anderen Thieren nur grüne und

[1] Während des Druckes der Arbeit fand ich noch in einer *Myxilla* violettbraune Algen. In einem Nachtrage wird das Nähere darüber mitgetheilt werden.

gelbbraune Algen gefunden sind, kommen bei den Schwämmen außer diesen noch blaugrüne und rothe Algen vor. Die zerstreuten und bisher noch nicht zusammengestellten Einzelangaben über das Vorkommen von Algen und von Stärke bei Schwämmen habe ich mit gütiger Unterstützung des Herrn Dr. VOSMAER gesammelt und für die nachstehende Übersicht verwerthet.

Schon im Jahre 1824 schrieb BORY DE ST. VINCENT (1) die verschiedene Färbung der *Spongillen* der Gegenwart einer Alge zu, die er *Anabaina impalpabilis* nennt. Dies ist zugleich, so weit ich bis jetzt in Erfahrung bringen konnte, die erste Angabe über das Vorkommen von Algen in Thieren. Wie JOHNSTON angiebt, sagt BORY DE ST. VINCENT, dessen Arbeit mir nicht zugänglich gewesen ist, von seiner Anabaina: »S'introduit dans l'Eponge d'eau douce, et lui donne dans certains endroits cette couleur verte, qu'elle n'a point, quand l'Anabaine ne croit pas dans son voisinage.«

Darauf bemühte sich HOGG (2), die Übereinstimmung des grünen Farbstoffes von Spongilla mit dem Chlorophyll der Pflanzen zu beweisen. So stellte er z. B. experimentell fest, dass die Intensität der grünen Farbe abhängig davon sei, ob die Spongillen mehr oder weniger direct dem Licht ausgesetzt werden. Ein Süßwasserschwamm, der einen Stein allseitig überzog, wurde allmählich immer blasser auf der vom Lichte abgewendeten Seite. Wenn dann der Stein umgekehrt wurde, ergrünte binnen 20 Tagen die blasse bisherige Unterseite, während die grüne Seite, die nun vom Lichte abgewendet war, immer mehr sich entfärbte. Die grüne Farbe selbst ist, wie HOGG weiter fand, dem Aussehen nach und in ihrem Verhalten gegen starke Säuren ganz übereinstimmend mit der von Pflanzen. Dazu kommt endlich noch die Thatsache, dass zahlreiche Gasblasen (höchst wahrscheinlich Sauerstoff) von der lebenden Spongilla aufsteigen, wenn man sie grellem Sonnenlicht aussetzt. Die Spongillen verhalten sich in dieser Hinsicht genau eben so wie untergetauchte Pflanzenblätter unter den gleichen Umständen. Aus allen diesen Beobachtungen schließt HOGG, dass die Spongillen näher den Pflanzen stehen, besonders den Algen, als irgend welche Thiere. Bei Hydra viridis und bei Actinien soll es nach seinen Untersuchungen keinen Unterschied ausmachen, ob sie dem Lichte ausgesetzt sind oder im Dunkeln leben; ihre Färbung werde nicht im geringsten durch den Aufenthaltsort beeinflusst. Diese letztere Beobachtung ist aber entschieden unrichtig. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass der Farbstoff der grünen Hydra so wie vieler Actinien eben so gut lebendes Chlorophyll ist, wie der von Spongilla fluviatilis.

Ferner hat HOGG allerdings nach besten Kräften den Einwand auszuschließen gesucht, dass die grüne Farbe der Spongillen durch eingedrungene Algen hervorgerufen sei, indem er die Schwämme in frisches Brunnenwasser setzte, das »frei von Algen« war und täglich zwei- bis dreimal gewechselt wurde; bei der Wichtigkeit der Frage waren aber seine Versuche keineswegs ausreichend.

N. LIEBERKÜHN (13) entdeckte darauf in verschiedenen Schwämmen zwei neue Florideen, die N. PRINGSHEIM als *Callithamnia* und *Polysiphonia* bestimmte. Die erstere fand er in »einer dritten Art der Hornschwämme«, die letztere in *Halichondria aspera*. Beide Algen fanden sich in oder an der Hornsubstanz und zeigten in ihrem Verhalten der Hornsubstanz gegenüber einen merkwürdigen Unterschied. Die Verzweigungsart der Polysiphonia ist nämlich ganz abweichend von der Verästelungsweise der Hornsubstanz und ist innerhalb der Halichondria unverändert, so dass die Hornsubstanz das Charakteristische ihrer Verzweigung verliert und sich nach der Alge richtet. Bei dem andern Schwamm constatirte er das umgekehrte Verhältnis. Hier hatte die Alge (Callithamnia) ihre eigene Verzweigungsweise vollkommen aufgegeben und die der Hornfasern angenommen.

SELENKA (19) giebt dann von *Spongelia horrens* an, dass sie Fremdkörper enthält, die er für Pflanzenzellen hält. »Es sind dieses rundliche, in den Hornfasern liegende, dick- oder dünnwandige Kapseln, die im Innern eine Anzahl 0,008 mm großer Zellen bergen. Bei Compression platzen die Kapseln, und es treten aus der zerrissenen Hornfaser die einzelnen Zellen nebst Fetzen einer feinen Membran heraus.« Über die Farbe der Zellen giebt SELENKA nichts an, und aus der Beschreibung wie aus den Abbildungen ist nicht zu ersehen, warum er die Körper für Pflanzen hält.

Eben so wenig giebt C. F. NOLL (23) an, wesshalb er die grünen Körper der *Spongilla* als Algen bezeichnet.

In einer Arbeit über die Schmarotzer der Schwämme erwähnt CARTER (41) das Vorkommen von fünf verschiedenen Algen in Spongien und bezeichnet zwei derselben im Gegensatz zu LIEBERKÜHN als echte Parasiten. In *Reniera fibulata* fand er *Thamnoclonium flabelliforme*, in *Spongia otahetica* eine Species von *Scytonema*. Von beiden Algen giebt er an, dass sie die Spicula (und bei der Spongie auch die hornigen Theile) überziehen, allmählich verzehren und sich schließlich vollkommen an ihre Stelle setzen. Nach seiner Schilderung ist das Verhältnis zwischen der Hornsubstanz und der parasitischen Alge umgekehrt als es von LIEBERKÜHN aufgefasst wurde. Außerdem fand er in einer

Suberites schön-kobaltblaue Fäden einer Oscillatorie, die er *Hypheotrix coerulea* nennt. Ferner schmarotzt nach seinen Untersuchungen auch in *Halichondria plumosa* eine rothe Alge, die mit Hypoglossum Woodwardii und mit Hildenbrandtia sanguinea Ähnlichkeit besitzt, bisher aber noch unbeschrieben ist. Endlich fand er noch eine fünfte Alge, *Palmella spongiarum*, in *Halichondria panicea*, in *Cliona celata* und später (47) auch in *Amorphina stellifera*.

Kurze Zeit darauf entdeckte F. E. SCHULZE (45) zwei parasitäre Algen im Körper von *Spongelia pallescens*: eine verzweigte rosenrothe Floridee, die im und am Hornskelet vegetirt, und eine Phycochromacee. P. MAGNUS bestimmte die erstere Alge, die nach SCHULZE auch in *Aplysilla sulfurea* vorkommt, als *Callithamnion membranaceum* und nennt die letztere *Oscillaria Spongeliae*. Wie schon oben ausgeführt wurde, fand SCHULZE (46) in *Hircinia variabilis* noch eine braune Alge, die nach meinen Untersuchungen zu den *Zooxanthellen* gehört.

MARSHALL (60) fand ein Jahr später in *Psammoclema ramosum* eine Fadenalge, die der von SCHULZE entdeckten *Oscillaria Spongeliae* sehr ähnlich war.

Endlich gab ich (65, 72) den bei *Spongilla* vorkommenden grünen Algen den Namen *Zoochlorella parasitica*.

Durch die mitgetheilten Untersuchungen ist festgestellt worden, dass 10 Vertreter von verschiedenen Algengruppen in Schwämmen vorkommen, nämlich:

1. Chlorophyceen.

Palmella spongiarum.
Zoochlorella parasitica.

2. Cyanophyceen.

Oscillaria Spongeliae.
Scytonema.
Hypheotrix coerulea.
(Anabaina-Zoochlorella?)

3. Florideen.

Rothe parasitische Alge (CARTER).
Polysiphonia.
Callithamnium membranaceum.
Thamnoclonium flabelliforme.

4. Braune Algen — Dictyotaceen?

Zooxanthella.

Von CARTER und O. SCHMIDT sind außerdem noch andere Fäden und Körner von Spongien als Algen gedeutet worden, wie es scheint

aber mit Unrecht. CARTER schlug 1871 den Namen *Spongiophaga communis*[1] für eine »Oscillatorie« vor, die sich in Schwämmen findet. Später (41) hielt er Spongiophaga für eine Saprolegniacee, also einen Pilz. Außerdem sind von O. SCHMIDT[2] grünlichgelbe oder gelbliche Körper, welche oft in den Hornfasern und der weichen Außenschicht von Ceraospongien vorkommen, als Algen gedeutet worden. Fasern, die von solchen Körpern befallen sind, verlieren ihre Elasticität und werden bröcklig und mürbe. Die gelben Körper erscheinen entweder homogen oder sind mit einem Kern versehen. Nach den Abbildungen von Fasern der Spongia adriatica (Euspongia officinalis) und Hircinia hebes sind die Körper von eiförmiger Gestalt. SCHULZE[3] hat sich zunächst bei den gelben Körpern von Euspongia officinalis var. adriatica von dem Vorhandensein eines Kernes im Innern der Körperchen nicht überzeugen können und hält auch die Algennatur derselben für wenig wahrscheinlich. Später (46) untersuchte er auch die gelben Körper, welche bei Hircinia variabilis in der Rinde der Hornfasern und der räthselhaften geknöpften Filamente vorkommen. Sie sind »unregelmäßig rundlich, stark lichtbrechend, hyalin und ganz structurlos«. Zuweilen fand er »sämmtliche Körnchen (statt wie gewöhnlich rostgelb) intensiv blauschwarz gefärbt. Es war dies im Innern stark gefaulter, nach Schwefelwasserstoff riechender Hircinien der Fall«. SCHULZE vermuthet, »dass diese Schwärzung von Schwefeleisen herrührt, da bei der Analyse von körnerreichen Filamenten sich ein nicht unerheblicher Eisengehalt derselben herausgestellt hat«, und hält desshalb die vermeintlichen Algen für unorganisirte Substanz, die durch Ausscheidung oder Zersetzung gebildet ist.

Eben so wie über das Vorkommen von Algen in Schwämmen liegen auch zahlreiche Mittheilungen über das Vorhandensein von Stärke in diesen Thieren vor. Der erste Forscher, welcher Stärke bei Schwämmen fand, war CARTER (12). Nach seinen Untersuchungen enthalten die Eier von *Spongilla* zwischen lichtbrechenden Körnern Amylumkörner. Dieselben sehen aus wie die Stärke von Weizen, lassen eine con-

---

[1] Angaben über Spongiophaga finden sich in den Arbeiten von CARTER: Ann. Mag. Nat. Hist. 1871, VIII, p. 330; 1873, XII, p. 17; 1878, II, p. 165; 1881, VII, p. 361; 1881, VIII, p. 222 u. p. 354; 1882, IX, p. 266, 346, 390; so wie von DUNCAN: Ann. Mag. Nat. Hist. 1881, VIII, p. 120.

[2] O. SCHMIDT, Supplem. d. Spongien des Adriat. Meeres. Leipzig 1864, p. 8, 9, Taf. II Fig. 12—14.

[3] F. E. SCHULZE, Unters. üb. d. Bau u. d. Entwickl. d. Spong. VII. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1879, Bd. 32, p. 639.

centrische Schichtung erkennen und besitzen eine annähernd elliptische, zusammengedrückte Gestalt. (Ganz eben solche Körper fand er in den Wintereiern einer Bryozoe, Lophopus.) Der Auffassung CARTER's trat LIEBERKÜHN (16) entgegen, der sich bei Spongilla nicht davon überzeugen konnte, dass die vermeintlichen Stärkekörner mit Jod blau gefärbt werden, und bei Anwendung von Säuren die Körner ihre scharfen Contouren einbüßen sah. Darauf theilte CARTER (20) mit, dass er bei Jodbehandlung viele unzweifelhafte Stärkekörner in der Rinde von *Geodia* (Cydonium) *arabica* fand, bei der nahe verwandten *Pachymatisma Johnstonia* dagegen niemals. Bei *Tethya arabica* konnte er bei Anwendung von Jod »in gewissen kleinen Zellen« schwache Spuren von Stärke nachweisen. Die ersten genaueren Angaben über das Vorkommen von Stärke lieferte vor wenigen Jahren KELLER (42). Es gelang ihm Amylum nachzuweisen in *Spongilla lacustris*, *Reniera litoralis*, *Myxilla fasciculata*, *Geodia gigas*, *Tethya lyncurium*, *Suberites massa* und *Suberites flavus*. Dagegen vermisste er die Stärke vollkommen bei Calcispongien, Halisarca und Gummischwämmen. Für *Spongilla* wurden CARTER's [1] und KELLER's Angaben von mir (72) und RAY LANKESTER (73) bestätigt. Endlich fand ich noch in neuester Zeit an Spiritusmaterial, das mir Dr. VOSMAER freundlichst zur Verfügung stellte, bei *Geodia gigas* und bei *Suberites massa* Stärke, nicht aber bei *Suberites flavus*.

Die nachstehende Übersicht [2] zeigt, dass ein gewisses Verhältnis zwischen dem Vorhandensein von Stärke und dem Vorkommen von Algen in Schwämmen besteht:

---

[1] Später erwähnte CARTER (Ann. Mag. Nat. Hist. 4. S. Vol. 16. 1875, p. 38) noch einmal, dass Spongilla gewöhnlich Stärke enthalte.

[2] In der dritten Spalte bedeutet: + Stärke ist nachgewiesen, — Stärke fehlt, 0 es liegen keine Angaben vor.

Schwämme[1]	Algen	Stärke	
1. Ordn. **Fibrospongiae.**			
1. Unterordn. *Myxospongia.*	0		
Halisarca		—	Keller 1878.
2. Unterordn. *Ceraospongia.*			
1. Fam. Spongidae			
In einem nicht benannten Hornschwamm	Callithamnia sp.		Lieberkühn 1859.
Spongelia pallescens O. S.	Callithamnion membranaceum		Schulze 1879.
- -	Oscillaria Spongeliae		Schulze 1879.
Psammoclema ramosum Marsh.	Oscillaria, ähnlich O. Spongeliae		Marshall 1880.
Hircinia variabilis O. S.	Zooxanthella		Schulze 1879, Brandt.
- -		+	Brandt.
Spongia otahetica	Scytonema sp.		Carter 1878.
2. Fam. Aplysinidae		0	
Aplysilla sulfurea F. E. S.	Callithamnion membranaceum		Schulze 1879.
3. Unterordn. *Halichondriae.*			
1. Fam. Chondrosidae (Gummineae)	0		
Chondrosia reniformis		—	Keller 1878.
2. Fam. Chalinidae	0	0	
3. Fam. Renieridae			
Reniera fibulata O. S.	Thamnoclonium flabelliforme		Carter 1878.
- litoralis Keller		+	Keller 1878.
- semitubulosa		—	Keller 1878.
- cratera O. S.	Zooxanthella	+	Brandt.
Amorphina stellifera Cart.	Palmella spongiarum		Carter 1879.
Halichondria panicea Johnst. = Amorphina panicea O. S.	Palmella spongiarum		Carter 1878.

Halichondria plumosa Johnst.	Rothe Alge, ähnlich Hypoglossum und Hildenbrandtia		Carter 1878.
- aspera Lbkn.	Polysiphonia		Lieberkühn 1859.
Spongilla	Anabaina impalpabilis		Bory de St. Vincent 1824.
-	Zoochlorella parasitica (= Anabaina ?)		Brandt 1881.
-		+	Carter 1859, Keller 1878, Brandt 1882, R. Lankester 1882.
4. Fam. Suberitidae			
Suberites sp.	Hypheotrix coerulea		Carter 1878.
- massa		+	Keller 1878, Brandt.
- flavus		+	Keller 1878.
- -		—	Brandt.
Tethya arabica Cart.		+	Carter 1869.
- lyncurium		+	Keller 1878.
Cliona celata Grant = Vioa celata	Palmella spongiarum		Carter 1878.
5. Fam. Desmacidonidae	0		
Myxilla fasciculata		+	Keller 1878.
6. Fam. Chalinopsidae	0	0	
4. Unterordn. *Lithospongiae.*			
1. Fam. Geodiidae	0		
Geodia (Cydonium) arabica		+	Carter 1869.
Pachymatisma Johnstonia		—	Carter 1869.
Geodia gigas		+	Keller 1878, Brandt.
2. Fam. Ancorinidae	0	0	
3. Fam. Lithistidae	0	0	
5. Unterordn. *Hyalospongiae.*			
Fam. Hexactinellidae	0	0	
2. Ordn. **Calcispongiae.**	0	—	Keller 1878.

[1] Eintheilung nach CLAUS, Grundzüge d. Zool. 4. Aufl.

Aus der vorstehenden Tabelle, in welcher Dr. Vosmaer und ich Alles zusammengestellt haben, was wir über das Vorkommen von Algen und Stärke bei Schwämmen erfahren konnten, geht hervor:

1) In den Familien der Spongiden, Renieriden und Suberitiden sind sowohl Algen als auch Stärke nachgewiesen worden.

2) Dagegen sind weder Algen noch Stärkekörner gefunden bei Halisarciden, Chondrosiden, Chaliniden, Chalinopsiden, Ancoriniden, Lithistiden, Hexactinelliden und den Familien der Kalkschwämme. Keller giebt sogar ausdrücklich an, dass er in Fleisch-, Gummi- und Kalkschwämmen nie Stärke nachweisen konnte.

3) Bis jetzt ist nur Stärke (nicht Algen) gefunden in den Familien der Desmacidoniden[1] und Geodiiden. Nur Algen (nicht aber Stärkekörner) sind bisher beobachtet bei Aplysiniden.

4) Eben so wie Algen nicht immer in allen Exemplaren einer Thierspecies vorkommen, fehlt auch Stärke zuweilen vollkommen. So konnte ich bei *Suberites flavus*, der nach Keller Stärke enthält, kein Amylum nachweisen. Ferner hat Keller bei *Reniera litoralis* Stärke gefunden, bei *Reniera semitubulosa* dagegen nicht. Endlich hebt auch schon Carter hervor, dass *Pachymatisma Johnstonia* gar keine, die nah verwandte *Geodia arabica* dagegen viel Stärke in der Rindenschicht enthalte.

Es liegt nicht der geringste Grund zu der Annahme vor, dass bei den Desmacidoniden und Geodiiden die Schwämme selbst, und nicht Algen, die Stärke producirt haben, eben so wenig wie man glauben darf, dass die Algen der Aplysiniden keine Stärke bilden. Dass in diesen drei Familien bisher entweder die Stärke oder die Algen übersehen sind, ist nicht zu verwundern, da ja die obigen Angaben fast sämmtlich nur gelegentlich mitgetheilt sind, ohne Rücksicht auf eine Beziehung zwischen dem Vorhandensein von Stärke und dem Vorkommen von Algen. Bei weiteren Untersuchungen wird man auch in den Stärkehaltigen Schwämmen Algen entdecken und stets Stärke vermissen, wenn die Algen gänzlich fehlen. Die wenigen Fälle, welche ich bis jetzt selbst untersucht habe, sprechen sehr zu Gunsten dieser Annahme. Bei *Hircinia*, *Reniera* und *Spongilla* habe ich Algen und Stärke zugleich gefunden. — Über die eigenthümliche Art des Vorkommens von Stärke im Schwammgewebe, mit welcher uns zuerst Keller bekannt gemacht hat, wird unten das Nähere mitgetheilt werden (p. 271).

---

[1] S. Nachtrag.

10) Gelbe Zellen von Sarsien und anderen Hydromedusen.

Im Entoderm verschiedener Hydromedusen, wie Sarsia etc., fand ich gelbe Zellen, die zum Theil eine außerordentliche Größe besaßen. In manchen Fällen betrug der Durchmesser bis 0,06 oder gar 0,08 mm. Die Farbe ist fast reingelb. Die Zellmembran lässt sich leicht erkennen, besonders deutlich wird sie nach dem Zerquetschen der Zelle. Die gelben Zellen platzen leicht, schon bei ganz gelindem Druck. Hohle Stärkekörner sind stets in der Mehrzahl vorhanden. Bei Jodbehandlung werden sie deutlich gebläut. Außerdem finden sich in den gelben Zellen violett erscheinende, stark doppelbrechende Körner, von denen manche, ähnlich wie die Stärkekörner, hohl waren.

11) Gelbe Zellen von Convoluta (Fig. 74—79, 111, 112).

Die gelben Zellen der Convoluten sind bereits von O. SCHMIDT (6) kurz als braune Pigmentkugeln bezeichnet und später von CLAPARÈDE (14) genauer geschildert worden. CLAPARÈDE beschreibt sie als kleine Kugeln von 0,008 mm Durchmesser. Die Farbe ist dem Diatomin ähnlich und findet sich in wandständigen Platten. L. v. GRAFF (88) erweiterte diese Angaben und begründete zuerst die Algennatur der gelben Zellen von Convoluten. Nach seinen Untersuchungen an *Convoluta paradoxa* finden sich die gelben Zellen ausschließlich im Parenchym, d. h. in dem vom Hautmuskelschlauch umgebenen Syncytium aus Mesoderm und Entoderm. Sie sind kugelrund oder länglich und besitzen einen Durchmesser von 0,007—0,018 mm. Die Hauptmasse besteht aus einer farblosen Grundsubstanz mit spärlich eingestreuten, stark lichtbrechenden Körnchen oder Vacuolen. Der »mit dem Diatomin übereinstimmende« Farbstoff ist in Form wandständiger Platten vertheilt, die durch farblose Zwischenräume getrennt werden. Dieselben oder ähnliche gelbe Zellen finden sich nach schriftlichen Angaben von LANGERHANS auch bei *Convoluta Langerhansii* und *bimaculata*.

Für Algen, welche mit den gelben Zellen der Radiolarien und Actinien übereinstimmen, hält v. GRAFF diese Körper einmal wegen ihres, von allen thierischen Pigmentzellen weit abweichenden Baues, dann weil die Körper sich innerhalb des Turbellarienkörpers nicht verändern, was der Fall sein müsste, wenn sie der Verdauung unterworfene Fremdkörper wären, ferner weil man eben solche braungelbe Zellen im Entoderm von Actinien, so wie frei im Seewasser findet, und endlich

wegen der Ähnlichkeit mit gewissen Formzuständen von WORONIN's *Chromophyton Rosanoffii*.

Meine eigenen Untersuchungen über Turbellarien-Zooxanthellen betreffen nicht Convoluta paradoxa, sondern eine Species, welche wahrscheinlich mit *Convoluta Langerhansii* v. GRAFF (88, p. 226, Taf. II Fig. 24) übereinstimmt. Die gelben Zellen weichen erheblich ab von denen der C. paradoxa. Sie sind grünlichgelb oder braun gefärbt und besitzen einen Durchmesser von 0,013—0,025 mm. Die Farbstoffmasse findet sich dicht unter der Zellmembran in Form von Strängen oder seltener von Platten (Fig. 74, 75, 111, 112). Es ist stets mindestens ein sehr großes hohles Stärkekorn vorhanden; doch kommen auch zwei bis vier in besonders großen Zellen vor. Mit Jodjodkalium kann man eine braunviolette Färbung dieser Körner erzielen (Fig. 79). Die Membran ist sehr dünn und platzt bei geringem Druck. Doppelbrechende Substanz kommt reichlich vor und zwar in Form von kleinen violetten Körnchen (111, 112). Das hohle Stärkekorn ist niemals doppelbrechend. Den Zellkern kann man in lebenden Zellen schlecht, in tingirten Schnittpräparaten aber sehr deutlich erkennen (Fig. 76—78). Der Kern der gelben Zellen ist nicht immer kuglig; er ist blasser gefärbt als die Kerne der Convoluta-Gewebe und liegt stets mehr oder weniger excentrisch. Er erscheint granulirt, während die Zellkerne der anderen, bis jetzt untersuchten Zooxanthellen stets homogen waren. Ob das granulirte Ansehen durch wirkliche kleine Körner oder durch ein maschiges Balkengerüst hervorgerufen wird, bleibt dahingestellt. — An den Schnittpräparaten kann man erkennen, dass die gelben Zellen in verschiedenen Geweben des Convoluta-Parenchyms liegen. Sie fanden sich dicht unter der Muskelschicht, mitten im Parenchym und dicht an oder vielleicht gar im Darmepithel.

12) Gelbe Zellen von Eunice gigantea (Fig. 80—89).

Herr Dr. H. EISIG erhielt am 13. Juni 1881 eine *Eunice gigantea*, deren Kopf abgerissen war. Die Wunde am Vorderende vernarbte nach einiger Zeit vollständig, ohne eine Spur einer Öffnung zu hinterlassen. Bei der gänzlichen Abwesenheit einer Mundöffnung konnte das Thier gar keine Nahrung zu sich nehmen, und doch war es noch nach 13 Monaten vollkommen lebensfrisch und kräftig. Als Herr Dr. EISIG mir gütigst das Thier am 14. Juli 1882 zur Untersuchung überließ, zeigte sich, dass der Darm keine Contenta enthielt, dass aber die Kiemenanhänge mit grünlichen bis gelbbraunen Klumpen dicht erfüllt

waren, die sich als eine eigenthümliche Form von Zooxanthellen erwiesen. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass das Thier sich hat von diesen Algen ernähren lassen.

Einzelne Zooxanthellen von Eunice stellen unregelmäßige kleine Körper von 0,004 mm Durchmesser dar, an denen eine Membran nicht zu erkennen ist. An und zum Theil auch in den bräunlichen Körpern liegen die bei anderen gelben Zellen gefundenen charakteristischen hohlen Stärkekörner, welche sich mit Jodjodkalium deutlich blau färben (Fig. 86—89). In manchen braunen Körpern finden sich nicht hohle, sondern volle Amylumkugeln. Die Stärkekörner sind eben so wenig, wie die anderer gelber Zellen, doppelbrechend. Ein oder zwei doppelbrechende kleine Körnchen, die in gewöhnlichem Lichte stark lichtbrechend und violett erscheinen, finden sich in vielen gelben Zellen.

Die braunen Körper sind oft zu größeren Klumpen (0,01 mm Durchmesser) aggregirt. Die einzelnen Stücke hängen dann gewöhnlich in ähnlicher Weise zusammen, wie ich es früher (72) für Zoochlorellen abgebildet habe.

13) Gelbe Zellen von Acanthometriden (Fig. 62—73).

Die gelben Körper der Acanthometriden sind bisher für thierische Pigmentkörper angesehen worden. Haeckel (15, p. 77, 84) unterschied die gelben Körper der Acanthometriden von den gelben Zellen der übrigen Radiolarien, erstens, weil sie in der intracapsulären Sarkode vorkommen, während die gelben Zellen sich nur in der extracapsulären Sarkode finden, und zweitens, weil die gelben Körper Reagentien gegenüber sich anders verhalten als die echten gelben Zellen. Die echten gelben Zellen der übrigen Radiolarien werden bei Behandlung mit Schwefelsäure blasser, sehr hell gelblich oder etwas grünlich; dagegen färben sich durch Schwefelsäure die intracapsulären gelben Zellen der Acanthometriden, wie auch andere Pigmentzellen und Pigmentkörner derselben, intensiv spangrün und werden zu einer die ganze Kapsel prall erfüllenden spangrünen Flüssigkeit gelöst. Diese Verschiedenheit im Verhalten gegen Schwefelsäure hat, wie ich glaube, hauptsächlich darin ihren Grund, dass die echten gelben Zellen der meisten Radiolarien eine derbe Membran besitzen, während sich eine solche bei den gelben Zellen der Acanthometriden nicht mit Sicherheit nachweisen lässt. In einer ungleich wichtigeren Reaction zeigt der Farbstoff der gelben Zellen von Sphaerozoiden und von Acanthometriden das gleiche Verhalten. Bringt man auf je einem Objectträger ein Stück einer Collozoum-Colonie und einige Acanthometren mit Infusorien und Bacterien

zusammen und setzt nach Auflegen des Deckglases beide der Einwirkung directen Sonnenlichtes aus, so kann man beobachten, dass die Infusorien und Bacterien sich in der unmittelbaren Umgebung sowohl des Collozoum-Stückes als der Acanthometren ansammeln (s. unten p. 274). Junge Acanthometriden, die keine gelben Zellen enthalten, werden dagegen gemieden. Nach den sorgfältigen Untersuchungen von ENGELMANN geschehen Ansammlungen von Bacterien und Infusorien nur da, wo unter Einfluss des Lichtes von Chlorophyll Sauerstoff producirt wird. Hiernach enthalten also die gelben Zellen der Acanthometriden und Sphaerozoiden C h l o r o p h y l l.

Dass die gelben Zellen bei den meisten Radiolarien nur außerhalb, bei den Acanthometriden dagegen innerhalb der Centralkapseln vorkommen, ist wohl auch kaum als ein so schwerwiegender Unterschied anzusehen. Jedenfalls zwingt uns diese Verschiedenheit des Vorkommens keineswegs, die ersteren als Algen, die letzteren als thierische Pigmentkörper aufzufassen, und zwar um so weniger, als die Art des Vorkommens der gelben Zellen von Acanthometriden nicht einmal constant ist. Bei manchen Acanthometriden (z. B. Acanthometra tetracopa) fand ich die sonst nur innerhalb der Centralkapsel vorkommenden gelben Zellen zum Theil auch außerhalb derselben. Bei einigen Dorataspis-Arten und Actinomma Asteracanthion kommen sogar ganz eben solche unregelmäßige gelbe Zellen, wie im Innern der Centralkapseln vieler Acanthometriden, stets in der extracapsulären Sarkode vor. Außerdem spricht sehr für die parasitäre Natur dieser gelben Zellen, dass sie in jungen und selbst auch in manchen alten Exemplaren solcher Acanthometriden, welche sonst gelbe Körper enthalten, noch vollkommen fehlen, z. B. bei Acanthometra tetracopa.

Dazu kommt noch, dass bereits HAECKEL (15, p. 77) in den gelben Körpern der Acanthometren einen Zellkern auffand, dessen Vorhandensein R. HERTWIG (44, p. 113) bestätigte. Die gelben Zellen wären somit die einzigen individualisirten Zellen innerhalb der Acanthometriden. Da aber HERTWIG die wichtige Thatsache festgestellt hat, dass jede Acanthometra eine einzige Zelle repräsentirt, so würden innerhalb einer Zelle noch andere, und zwar von der ersteren gänzlich verschiedene Zellen vorkommen. Das ist aber bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnis über die Zelle und die einzelligen Wesen in hohem Grade unwahrscheinlich.

Endlich führen HAECKEL und HERTWIG noch einen Grund für ihre Auffassung der gelben Körper als Pigmentzellen an. HAECKEL (15, p. 77) sagt: »Die verschieden gefärbten Pigmentzellen in der Kapsel

vieler Radiolarien sind übrigens durch so zahlreiche Zwischenformen mit gleichartig gefärbten Pigmenttheilchen, die bloß den Werth von Körnern oder Bläschen haben, dass es in vielen Fällen sehr schwer hält, die Grenze zu bestimmen, und von concreten Elementen zu sagen, ob man eine Zelle, ein Körnchen oder ein Bläschen vor sich hat.«

Hertwig (44, p. 12), welcher ebenfalls nicht bei allen Arten in den Haufen gelben Pigments einen Kern nachweisen konnte und häufig isolirte gelbe Körnchen zerstreut in der Sarkode der Acanthometriden fand, nimmt an, dass »ursprünglich zerstreute Pigmentkörnchen sich das eine Mal im Umkreis eines Kerns (der Acanthometra) zur Bildung einer echten Pigmentzelle, das andere Mal sich ohne einen solchen Mittelpunkt angehäuft haben«. Die Annahme Hertwig's von der Bildung der vermeintlichen Pigmentzellen kann unmöglich richtig sein, wenn wirklich die gelben Zellen der Acanthometriden Algen sind. Ich bin umgekehrt der Ansicht, dass die in den Acanthometren befindlichen einkernigen Algen zunächst vielkernig werden und dann in so viel Stücke aus einander fallen wie Kerne vorhanden sind. Dafür spricht, dass man neben gelben Zellen, welche einen deutlichen Zellkern besitzen, solche findet, die viele sehr kleine Kerne enthalten. Auch in den einzelnen gelben Pigmentkörnern ließ sich durch Hämatoxylinfärbung ein sehr kleiner Kern nachweisen. Man könnte vielleicht auch annehmen, dass die kleinen gelben Körner dadurch entstehen, dass große gelbe Zellen zerstört werden und zerfallen; doch spricht dagegen der Umstand, dass die gelben Körner genau dieselbe Färbung besitzen wie die unversehrten gelben Zellen, und dass Acanthometren, welche nur zahlreiche gelbe Körner oder anscheinend kernlose Pigmenthaufen enthalten, eben so gut Sauerstoff im Lichte ausscheiden wie Acanthometren mit großen, kernführenden gelben Zellen. Die kleinen gelben Körner sind also jedenfalls lebende Sprösslinge von gelben Zellen.

Die gelben Zellen der verschiedenen *Acanthometriden* und *Acanthopractiden* differiren in Form und Größe ziemlich erheblich unter einander, andererseits aber zeigen sie doch alle im Wesentlichen denselben Inhalt, die gleiche Vertheilung des Farbstoffs, dieselbe Färbung etc., so dass sie alle Entwicklungszustände entweder von einer einzigen oder wenigen, sehr nahe stehenden Algenarten sein können. Die gelben Zellen mancher Acanthometriden scheinen stets kugelrund zu sein, z. B. von *Acanthometra elastica* (Fig. 62—64, 70), *Acanthometra pellucida*, *Amphilonche belenoides* (Fig. 65) und *Amphilonche elongata*. Der Durchmesser der kugligen gelben Zellen ist bei den Exemplaren jeder der genannten Species verschieden; er schwankt zwischen

0,006—0,008 mm einerseits und 0,015—0,02 mm andererseits. Unregelmäßige gelbe Massen finden sich bei *Acanthometra tetracopa* (Fig. 66—69, 71—73) und *Claparedei*, *Xiphacantha alata* und *quadridentata*, *Acanthostaurus purpurascens* etc. Die gelben Zellen dieser Arten sind sehr verschiedenartig gestaltet; selten sind sie kuglig, häufiger besitzen sie eine unregelmäßig lappige Form. Oft haben sie, ähnlich wie manche Amöben, schmale oder breitere Fortsätze und Ausläufer, die an der Spitze zuweilen gegabelt sind (Fig. 71). Ihr Durchmesser ist sehr verschieden. Sind nur wenige gelbe Zellen vorhanden, so haben sie einen Durchmesser von 0,015—0,02, in seltenen Fällen sogar 0,045 mm; sind sie sehr zahlreich, so besitzen sie auch eine geringere Größe, 0,006—0,008 mm.

Die Färbung der bei Acanthometriden und Acanthopractiden vorkommenden gelben Zellen ist, wie bei denen der anderen Radiolarien, goldgelb. Der Farbstoff findet sich stets in dünnen peripherischen Lagen und platten Körperchen. Wenn in den lebenden Zellen die Abgrenzung der gelben Chlorophyllkörper nicht scharf genug ist, kann man sie durch Abtödtung der Zellen mittels Überosmiumsäure sehr deutlich machen. Das Farbstoffplasma zieht sich dann stets zu einzelnen Kugeln zusammen. Kleine, stark lichtbrechende Körnchen, die in lebenden Zellen blassviolett erscheinen, lassen sich stets zwischen den Farbstoffkörpern nachweisen; doch waren sie stets einfach brechend. Selbst nach einstündiger intensiver Belichtung ließen sich niemals doppelbrechende Körner erkennen. Eine membranartige Umhüllung der gelben Zellen konnte weder bei den kugligen noch den unregelmäßigen Formen mit Bestimmtheit nachgewiesen werden. Hohle Stärkekugeln (Fig. 72) wurden in und neben den gelben Zellen von *Acanthometra tetracopa* mit Sicherheit constatirt. In lebenden gelben Zellen werden die kleinen und sehr dünnwandigen Hohlkugeln von dem Farbstoff so sehr verdeckt, dass man sie nur selten erkennen kann. Wenn man aber eine Acanthometra tetracopa, die eine Stunde lang der Einwirkung directen Sonnenlichtes ausgesetzt war, durch Alkohol oder eine schwache Säure entfärbt und dann mit Jodjodkalium behandelt, so kann man sich leicht von dem Vorhandensein und der Färbbarkeit hohler Stärkekugeln (Durchmesser 0,002—0,003 mm) überzeugen. In großen gelben Zellen von A. tetracopa fand ich oft 20—30 solcher Hohlkugeln. — Ein compacter Zellkern ließ sich bei den gelben Zellen von Acanthostaurus purpurascens, Amphilonche complanata und von Acanthometra elastica durch Behandlung mit Überosmiumsäure und Beale's Carmin nachweisen (Fig. 70).

In manchen Fällen haben die gelben Zellen von *Acanthometra tetracopa* überraschende Ähnlichkeit mit den Spindeln der räthselhaften *Labyrinthula vitellina* CIENKOWSKI's. In mehreren Exemplaren der genannten Acanthometra fanden sich nämlich sowohl in der intracapsulären als auch der extracapsulären Sarkode gelbe Körperchen, wie sie in den Figuren 66—69 wiedergegeben sind. Die gelben Körper waren meist von abgeplattet spindelförmiger oder rautischer Gestalt, manche aber waren unregelmäßig, andere ellipsoid und nicht wenige endlich gar kuglig. Genau dieselben Formenunterschiede finden sich nach der Beschreibung CIENKOWSKI's[1] auch bei seiner *Labyrinthula*. Ferner ist die Größe der Körper übereinstimmend; nach den Angaben von CIENKOWSKI beträgt sie für die Spindeln der *Labyrinthula* 0,012 mm, nach eigenen Messungen haben die spindelförmigen gelben Zellen der Acanthometra eine Länge von 0,008—0,012 mm und eine Breite von 0,005 mm. Der Farbstoff ist sowohl bei *Labyrinthula* als bei der Acanthometra dottergelb und wird durch Alkohol aufgelöst. Größe, Form und Farbe stimmen also ganz überein. Da nun außerdem sowohl die Spindeln von *Labyrinthula*. als auch die der Acanthometra kernführend sind und eine Anzahl von lichtbrechenden Körnchen enthalten, so vermuthe ich, dass Labyrinthula die freilebende Form der gelben Zellen gewisser Acanthometriden sei. In Betreff des chemischen Verhaltens giebt CIENKOWSKI an, dass die mit Alkohol entfärbten Spindeln von Labyrinthula »sich von Jod nicht blau färben, was augenblicklich geschieht, wenn man zu frischem Material Jod hinzusetzt; bei längerer Einwirkung wird die ganze Spindel dunkelbraun«. Cellulose ließ sich nicht nachweisen, wie denn auch die Spindeln membranlos erschienen. Bei den Acanthometra-Spindeln konnte ich eben so wenig eine Membran erkennen und fand die hohlen Stärkekörner nicht in, sondern neben den gelben Zellen, frei im Protoplasma der Acanthometra.

Ganz eben solche spindelförmige Körper wie bei Acanthometra tetracopa fand ich auch in der extracapsulären Sarkode einer bisher noch nicht beschriebenen Species von *Dorataspis*[2].

---

[1] Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. III. p. 274. 1867.

[2] HEIDER (66, p. 25) fand »zwischen den Entodermzellen (von Cladocora) Haufen von spindeligen, naviculariaähnlichen Körperchen«. Möglicherweise entsprechen dieselben den spindelförmigen gelben Zellen der Acanthometriden.

14) Gelbe Zellen von Echinodermen (Fig. 94—97 und Paralcyonium (Fig. 38—41).

Eigenthümliche gelbe Zellen fand ich in den Ambulacralfüßen von *Echinocardium cordatum*[1] (Fig. 94—96), in der Larve von *Holothuria tubulosa* (Fig. 97) und in *Paralcyonium elegans* (Fig. 40, 41). Charakteristisch für die gelben Zellen dieser Thiere ist die amöboide Beweglichkeit.

Die gelben Zellen von *Echinocardium* und *Paralcyonium* sind augenscheinlich membranlos, von unregelmäßiger und veränderlicher Gestalt. Sie enthalten viele abgerundete Körper von Farbstoffplasma (Chlorophyllkörper) und zwischen denselben violette Körner. Ihr Durchmesser beträgt etwa 0,012—0,016 mm. Die Färbung ist bei Echinocardium goldgelb bis gelbbraun, bei Paralcyonium mehr violettbraun. Große hohle Stärkekörner konnte ich bisher nur bei den gelben Zellen von Paralcyonium, und zwar nach Entfärbung derselben durch Alkohol. erkennen (Fig. 41). Bei Echinocardium konnte ich mich allerdings nicht direct von dem Vorhandensein dieser für Zooxanthellen so charakteristischen Hohlkugeln aus stärkeartiger Substanz überzeugen, doch erhielt ich bei Behandlung von lebenden gelben Zellen mit Jodtinctur sofort eine Violettfärbung, die sich durch Zusatz von verdünnter Kalilösung beseitigen ließ.

Sowohl innerhalb der Thiergewebe als auch frei im Wasser kriechen diese gelben Zellen nach Art von Amöben umher. Ein Theil der Masse wird buckelartig vorgetrieben und der übrige Körper strömt dann nach. Darauf streckt sich der Organismus zu einem langen wurstförmigen Körper aus, um abermals einen seitlichen Fortsatz vorzuschicken, in diesen hineinzufließen etc. Die gelbe Zelle rückt dabei in wenigen Minuten um beträchtliche Strecken vorwärts.

Die Zooxanthellen der *Holothurienlarven*[2] sind unregelmäßige, rein gelbe bis grüngelbe Klumpen von 0,018—0,02 mm Durchmesser. Sie bestehen aus sehr zahlreichen Farbstoffkügelchen und fließen bei leichtem Druck vollständig aus einander. Ihr Farbstoff wird durch Alkohol schneller als bei anderen Zooxanthellen ausgezogen. Die Farbe verschwindet fast momentan, wenn man die Holothurienlarve durch Alkohol abtödtet. Die gelben Zellen lassen sich dann nur dadurch wieder in dem Gewebe der Larve sichtbar machen, dass man Jod zu-

---

1 Herr Dr. BLOCHMANN machte mich freundlichst auf dieselben aufmerksam.

2 SELENKA hat bereits die Vertheilung und die Form der »grünlichen, Fettkörner enthaltenden Zellen« sehr naturgetreu abgebildet (36).

fügt. Man bemerkt alsbald Gruppen violett oder blau gefärbter Körner da, wo vorher die gelben Zellen lagen.

Wahrscheinlich stimmen die von mir bei Echinocardium beobachteten Zooxanthellen überein mit den von GEDDES (57) bei verschiedenen Echinodermen beschriebenen amöboiden, braunen Körpern, die er für Theile des Thierkörpers ansieht.

5. Zu welcher Gruppe von Algen gehören die gelben Zellen?

Die Unterbringung der gelben Zellen in einer der bekannten Algengruppen wird erst möglich sein, wenn man die Entwicklung der gelben Zellen besser als bis jetzt kennt. Bis in die neueste Zeit wusste man durch CIENKOWSKI's und meine Untersuchungen nur, dass die gelben Zellen im isolirten Zustande den Palmellenzustand annehmen. Ich kann hinzufügen, dass die gelben Zellen auch zuweilen schon innerhalb lebender Thiere (Reniera) eine stark gequollene, gallertige Membran zeigen und dass auch im freien Wasser oft solche gelbe Zellen zu finden sind (Fig. 60, 61). Die letzteren zeigten sehr deutlich die von CIENKOWSKI beobachteten Häutungserscheinungen. Da aber Algen aus sehr verschiedenen Gruppen solche Palmellenzustände annehmen können, so ist mit dieser Beobachtung für die systematische Stellung der gelben Zellen noch nichts gewonnen. Eben so wenig lässt sich aus der Färbung der Zooxanthellen ein Schluss auf die Zugehörigkeit derselben zu der einen oder der anderen Algengruppe ziehen. Die Färbung der gelben Zellen ist, wie bereits erwähnt, sehr mannigfaltig und variirt zwischen gelb oder gelbgrün und rothbraun. Da rein grüne Farben nie bei ihnen vorkommen, so gehören die gelben Zellen jedenfalls nicht zu den Chlorophyceen; dagegen können sie der Färbung nach den Florideen, den Dictyotaceen, den Melanophyceen, Diatomeen und einigen Familien der Schizophyceen angehören. Von den Diatomeen kann man wohl von vorn herein absehen; denn die gelben Zellen haben eine gleichmäßige, bläschenförmige Membran aus echter Pflanzencellulose und nie eine verkieselte Membran, die aus zwei mit den Rändern über einander geschobenen Hälften besteht. Trotz der äußeren Ähnlichkeit bezüglich des Farbstoffes können die gelben Zellen ihrem ganzen Baue nach unmöglich zu den Diatomeen gehören. Außerdem glaube ich noch zeigen zu können, dass sie auch von den Florideen und den Dictyotaceen verschieden sind. Ich fand nämlich innerhalb von Thieren (Aiptasia, Reniera) zwischen gewöhnlichen gelben Zellen auch ovale

Formen, die an einem Ende eine leichte Einkerbung besaßen und gewöhnlich deutlicher als die anderen gelben Zellen die Abgrenzung der braunen oder gelben Chlorophyllkörper zeigten (Fig. 19). In allen übrigen Merkmalen, auch in der Größe, stimmten sie genau mit den gelben Zellen überein. Diese eiförmigen Zustände zeigen nun eine überraschende Ähnlichkeit mit Algenschwärmern, die zu manchen Zeiten in großer Menge im »Auftrieb« vorkommen. Diese unzweifelhaften Algenschwärmer unterscheiden sich von den eiförmigen gelben Zellen allein durch den Besitz von zwei Geißeln, sonst aber stimmen sie bis in die kleinsten morphologischen Details mit ihnen überein (Fig. 20). Dieselben, bezw. sehr ähnliche Schwärmer, erhielt ich auch bei Reinculturen von gelben Zellen aus Collozoum, Cassiopeia und Anthea. Bei Anwendung geringer Wassermengen gingen die isolirten gelben Zellen in den Palmellenzustand über, bei Anwendung großer Mengen filtrirten Wassers dagegen nahmen sie theilweise die Form von Zoosporen an.

Hiernach erscheint es in hohem Grade wahrscheinlich, dass die gelben Zellen nichts weiter sind als zur Ruhe gekommene Schwärmzustände von gemeinen Meeresalgen, und zwar aus der Gruppe der Melanophyceen. Die Florideen und Dictyotaceen haben keine Schwärmsporen, bei den Melanophyceen dagegen finden sich schwärmende Zellen mit stets zwei Geißeln. Das Nähere werden Phycologen jedenfalls besser als ich feststellen können.

III. Die Pseudochlorophyllkörper.

Meine neueren Untersuchungen über grüne Algen in Thieren sind nur gering und betreffen fast ausschließlich die Meeresschnecke *Elysia*. In den spärlichen Süßwassertümpeln der Umgebung von Neapel habe ich bisher vergeblich nach grünen Hydren und Spongillen gesucht, so dass die an diesen Thieren beabsichtigten Experimente unterbleiben mussten. Die Litteratur über die grünen Körper der Thiere vermag ich vorläufig noch nicht vollständiger zu geben als es kürzlich von Géza Entz (81) geschehen ist. Ich beschränke mich daher auf eine kurze Besprechung der von Lankester, Geddes und Ryder gemachten Einwürfe gegen die Algennatur der grünen Körper.

Pfeffer theilt in seiner Pflanzenphysiologie (1881, 1. Bd. p. 189) mit, dass De Negri (34) in *Elysia viridis* echtes Chlorophyll nachge-

wiesen habe. Einige grüne Elysien, welche ich untersuchte, enthielten in dem contractilen Röhrensystem ihres Mantels sehr kleine grüne Körperchen von etwa 0,002—0,0035 mm Durchmesser. Sie leben in isolirtem Zustande nicht allein weiter, sondern entwickeln auch, wie sich bei Anwendung des ENGELMANN'schen Bacterienverfahrens ergab, noch nach achttägiger Isolation Sauerstoff. Außerdem lassen sich in ihnen bei Behandlung mit Jod Gruppen kleiner Körnchen blau färben und als Stärkekörnchen erweisen (Fig. 90, 91). Diese Amylumkörnchen sind nicht immer kuglig, sondern oft unregelmäßig und liegen meist zu 3—6 in einem grünen Körperchen. Aus ihrem Vorhandensein und dem Nachweis der Sauerstoffproduction kann man auf die Gegenwart von echtem assimilirendem Chlorophyll schließen. Dass diese Körperchen in isolirtem Zustande wochenlang weiter leben, und dass sich in ihnen ein kleiner compacter Kern nachweisen ließ, spricht dafür, dass die grünen Körper der Elysia nicht Chlorophyllkörper, sondern Algen sind. Der Nachweis des Kernes wurde in der Weise vorgenommen, dass die frisch herausgedrückten, oder längere Zeit isolirten, oder endlich die noch im Thiergewebe befindlichen grünen Körper durch Überosmiumsäure abgetödtet und dann mit wässriger Hämatoxylinlösung gefärbt wurden. Bei genauer Untersuchung mit ZEISS' Ölimmersion $^1/_{12}$ ließ sich ein violetter Fleck oder scharf umgrenzter kugliger Körper in (und nicht etwa auf) jedem Körperchen nachweisen (Fig. 92, 93). Die grünen Körper von *Elysia* entsprechen also ganz den Pseudochlorophyllkörpern oder Zoochlorellen der Infusorien, Hydren, Spongillen, Turbellarien etc., und sind wie diese als Entwicklungszustände von Algen aufzufassen.

GÉZA ENTZ hat die von ihm und mir bereits beigebrachten Gründe für die Algennatur der grünen Körper in neuerer Zeit (81) noch erheblich vermehrt, besonders durch Beobachtungen über Ein- und Austreten von Algen in Infusorien und durch Untersuchungen über das Verhalten der Algen innerhalb der Wirththiere. Auch v. GRAFF[1] hat in seiner Monographie der Turbellarien (88, p. 76, 77) die Gründe für und wider die Algennatur der grünen Körper abgewogen und kommt zu dem Schlusse, dass die grünen Körper der Turbellarien höchst wahrschein-

---

[1] Durch die Güte des Verfassers erhielt ich bereits im Februar 1882 Einsicht in die Abschnitte über die gelben Zellen und das Chlorophyll der Turbellarien. Leider hatte ich damals meine Publication über die Bedeutung des Chlorophylls etc. bereits abgeschlossen, so dass ich nicht mehr auf die wichtigen Angaben v. GRAFF's über die gelben Zellen und die physiologische Bedeutung des Chlorophylls in Thieren Bezug nehmen konnte.

lich pflanzliche Parasiten darstellen. In der Arbeit von HAMANN (84) habe ich keine neuen Gründe für die Algennatur der Pseudochlorophyllkörper finden können. Die »Tetradenbildung« ist bereits von ENTZ (81) geschildert und von mir (72) und RAY LANKESTER (73) abgebildet worden. Das von HAMANN constatirte Übertreten der Pseudochlorophyllkörper aus dem Entoderm in die zuerst chlorophyllfreie Eizelle spricht aber weder für noch gegen die Algennatur.

RAY LANKESTER (73) und GEDDES (68, 76) halten daran fest, dass die grünen Körper der *Spongillen* und *Hydren* echte, vom Thiere selbst erzeugte Chlorophyllkörper seien. Die von mir gegen diese Ansicht vorgebrachten Gründe halten sie zum Theil für unzureichend, zum Theil aber auch für unrichtig. So konnte z. B. LANKESTER sich trotz vielfacher Bemühungen nicht von dem Vorhandensein eines Zellkernes überzeugen. Er bediente sich bei seinen Versuchen übrigens nicht der von mir angewandten Verfahren, sondern behandelte Spongillastücke mit Osmium und dann mit BEALE's Carmin. Trotzdem er niemals einen Kern hat erkennen können, so muss ich doch auf meiner früheren Behauptung von dem Vorhandensein mindestens eines Zellkernes in jedem grünen Körper von Spongilla und anderen Thieren beharren, denn ich habe diese Behauptung nicht eher gemacht, als bis ich mich durch zahlreiche und sorgfältig angestellte Versuche von der Sicherheit derselben überzeugt hatte. Übrigens ist meine Angabe auch schon von ENTZ (67) für Infusorien und von HAMANN (84) für Hydra bestätigt worden.

Bezüglich des Vorhandenseins von farblosem Protoplasma neben dem ungefärbten macht LANKESTER darauf aufmerksam, dass er und KLEINENBERG (30) dasselbe schon früher bemerkt haben. Um grüne Körper trotz dieses Umstandes als Chlorophyllkörper zu betrachten, nimmt LANKESTER zu der nicht eben wahrscheinlichen Annahme seine Zuflucht, dass an dem kappenförmigen Chlorophyllkörper beim Isoliren stets ein Sprengstück des Zellprotoplasmas von Spongilla kleben bleibe.

Nach LANKESTER spricht gegen die Algennatur der Pseudochlorophyllkörper ferner der Mangel einer Membran. Es ist noch fraglich, ob nicht die Pseudochlorophyllkörperchen Entwicklungszustände von Algen sein könnten, auch wenn sie keine Membran besitzen; außerdem ist das Fehlen einer Membran noch nicht sicher ausgemacht. Ich habe früher in Bezug auf die grünen Körper der Hydra angegeben, dass die Körper von einer, jedenfalls aber sehr zarten Cellulosehülle umgeben zu sein scheinen, weil ich in einigen Fällen bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure eine gänzliche Violettfärbung der Körper eintreten

sah, die aber rasch verschwand, wohl wegen Auflösung der dünnen Hülle. ENTZ (81, p. 456) macht eine sehr viel bestimmtere Angabe. Nach seinen Untersuchungen sind die Pseudochlorophyllkörper »wie die Palmellaceen von einer farblosen, gallertig gequollenen Hülle, seltener von einer derberen Membran umgeben«.

LANKESTER und GEDDES (76, p. 390) machen darauf aufmerksam, dass die von mir abgebildeten Zoochlorellen keine Ähnlichkeit mit irgend einer bisher beschriebenen Alge haben. Das habe ich keineswegs geleugnet, sondern eben desshalb zur Aufstellung einer neuen Gattung mich berechtigt geglaubt. Durch die sehr bald danach zu meiner und zu allgemeiner Kenntnis gelangenden Arbeiten von ENTZ wurde ich über meinen Irrthum aufgeklärt[1].

Dagegen sollen nach den beiden Autoren die grünen Körper Ähnlichkeit mit pflanzlichen Chlorophyllkörpern besitzen, und zwar sowohl in der Form als in der Theilungsweise. Da ich die von LANKESTER als Chlorophyllkörper bezeichneten Gebilde ebenfalls als Chlorophyllkörper ansehe und nur darin von ihm abweiche, dass ich das stets daran befindliche farblose Protoplasma nicht als thierisches Protoplasma bezeichne, sondern als das Protoplasma einer Alge, so ist mir der Unterschied unserer Meinungen nicht recht klar geworden.

Dass die Pseudochlorophyllkörper in isolirtem Zustande sich sehr widerstandsfähig gegen Wasser erweisen und eine große Formbeständigkeit zeigen, findet LANKESTER eben so wenig auffallend, wie meine Behauptung, dass grüne Körper von Spongilla wochenlang in isolirtem Zustande weiter leben. Das liege eben Alles an der Protoplasmakugel, die immer beim Zerquetschen der Thierzelle an den Chlorophyllkörpern kleben bleibe. LANKESTER hätte sich vielleicht davon überzeugen können, dass das dem Chlorophyllkörper anhaftende farblose Protoplasma nicht ein Sprengstück des amöboiden Protoplasmas der Spongilla sein kann. Wenn man isolirte amöboide Zellen von Spongilla längere Zeit auf einem Objectträger zu cultiviren versucht, so bleiben auch von diesen unverletzten Thierzellen nach einigen Tagen nur die Pseudochlorophyllkörperchen übrig, während das thierische Protoplasma gänzlich zerfällt. Die so auf natürliche Weise isolirten grünen Körper leben noch wochenlang weiter und lassen ihre Lebensfähigkeit durch Bildung von Assimilationsproducten erkennen. Im Bau,

[1] GÉZA ENTZ hat den entwicklungsgeschichtlichen Beweis dafür gebracht, dass die Pseudochlorophyllkörper nichts weiter sind als Palmellenzustände von verschiedenen längst bekannten Algen.

namentlich im Besitz farblosen Protoplasmas, stimmen sie vollkommen mit den durch das Zerdrücken der Thierzellen isolirten Pseudochlorophyllkörpern überein.

Ferner sollen die von mir mitgetheilten Infectionsversuche nicht beweiskräftig sein. GEDDES erinnert daran, dass ein Stück Ulva den Verdauungsapparat von Aplysia oder Echinus passiren könne, ohne dass die Chlorophyllkörper sämmtlich in Form und Farbe verändert werden. Chlorophyll sei sehr schwer verdaulich, mithin habe es nichts Auffallendes, dass grüne Körper von Hydra in Infusorien längere Zeit unverändert bleiben. Ich habe in dem morphologischen Theile meiner Arbeit (72, p. 129) ausdrücklich hervorgehoben, dass man sehr wohl bei Infusorien zu unterscheiden vermöge, ob man aufgenommene und nicht mehr functionirende Chlorophyllkörper oder aber Zoochlorellen vor sich habe. Die letzteren finden sich nicht in der weichen Innenmasse, welche die aufgenommene Nahrung verdaut, sondern in der dichteren Rindenschicht, dem Ectoplasma. Außerdem lässt sich auch nach mehreren Stunden und sogar nach Tagen keine Veränderung an ihnen constatiren.

GEDDES sagt schließlich noch in Bezug auf meine Infectionsversuche: »It is not however altogether inconceivable that chlorophyll-granules should survive transference from one living protoplasmatic matrix to another.« »Altogether inconceivable« mag es ja wohl sein; es wäre doch aber schön, wenn man eine thatsächliche Beobachtung dafür anführen könnte.

LANKESTER vermisst bei diesen Infectionsversuchen die Angabe der Vermehrung der grünen Körper. Da es aber nicht leicht ist, bei einem in Bewegung begriffenen Stentor festzustellen, ob er 100 oder 200 oder noch mehr grüne Körper enthalte, so war es nicht mit Sicherheit zu constatiren, ob wirklich eine Zunahme der Zahl nach Ausschluss der Möglichkeit einer weiteren Einwanderung von außen stattfände.

Auch gegenüber dem scheinbar schwerwiegendsten Einwande von LANKESTER kann ich keinen Grund finden, meine Ansicht über die Algennatur der grünen Körper fallen zu lassen. LANKESTER (31) hat vor acht Jahren bereits angegeben, dass farblose oder lachsfarbene Spongillen Körper enthalten, die in der Größe und annähernd auch in der Form mit den grünen Körpern grüner Spongillen übereinstimmen, nur farblos, statt grün erscheinen. Ich konnte nicht darüber ins Klare kommen, ob LANKESTER sagen will, dass diese farblosen Körper wirklich chlorophylllos sind. An einer Stelle sagt er das allerdings (73, p. 242), jedoch nicht ganz bestimmt; an einer anderen führt er eine

Thatsache an, die das Gegentheil sehr wahrscheinlich macht, ohne jedoch die Consequenzen zu ziehen. Er führt nämlich das von ihm früher beobachtete Factum an, dass ein Stück der farblosen Spongilla beim Eintauchen in Schwefelsäure grün wird. Dabei macht er darauf aufmerksam, dass die saprophytisch lebende Orchidee *Neottia*, die »frei von Chlorophyll« ist, dieselbe Reaction giebt. Nun ist aber Neottia keineswegs chlorophyllfrei, vielmehr nach WIESNER's Untersuchungen [1] chlorophyllhaltig. Wenn also Spongillen dieselbe Reaction geben, wie Neottia, so sind sie wahrscheinlich auch chlorophyllhaltig. Eben so gut wie die Chlorophyllkörper von höheren Pflanzen, können doch aber auch die Chlorophyllkörper von Algen bei mangelhaftem Lichtzutritt blasser werden. Ich vermag daher nicht einzusehen, in wie fern dieses Argument gegen die Algennatur der grünen Körper von Spongilla spricht.

Außer RAY LANKESTER und GEDDES hat auch noch RYDER (78, p. 411) meine Angaben über die Algennatur der grünen Körper angegriffen. Seine eigenen Beobachtungen an grünen Infusorien, wie Stentor und Vorticella, seien so wichtiger Natur, dass er sie nicht länger unterdrücken könne. Nach seinen Beobachtungen müssen die grünen Körper dieser zwei Infusorien als integrirende Bestandtheile der Thiere, in welchen sie vorkommen, angesehen werden. Dafür spreche die oberflächliche Lage der grünen Körper, ihre kuglige Gestalt, ihr Verhalten gegen Reagentien (worin dieses Verhalten aber besteht, giebt er nicht an) und die Abwesenheit eines Nucleus und irgend welcher Theilungsstadien. Auf diese »Gründe« glaube ich nicht weiter eingehen zu brauchen.

IV. Die Symbiose von Thieren und Algen.

Das Verhältnis, welches die Thierwirthe und ihre Algenmietherinnen zu einander einnehmen, ist bisher noch wenig erforscht. So viel scheint aber schon jetzt ausgemacht, dass beide ganz gut ohne einander bestehen können. Die Thiere können unabhängig von den Algen, und

[1] JUL. WIESNER, Untersuchungen über die Farbstoffe einiger für chlorophyllfrei gehaltenen Phanerogamen. PRINGSHEIM's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 8. 1872. p. 575.

diese unabhängig von jenen, sich ernähren und entwickeln. Nur die Radiolarien scheinen, wie unten weiter ausgeführt wird, wirklich auf ihre Algen angewiesen zu sein. Dass die Algen in den meisten Fällen Vortheil von dem Aufenthalt in Thieren haben, ist kaum zweifelhaft. Die Untersuchungen der Botaniker haben ja gezeigt, dass Algen sich gern in lebenden und todten Pflanzen einnisten, um Schutz zu finden (cf. KLEBS, 79). Auch in lebenden Thieren sind diejenigen Algen, welche sich den eigenthümlichen Bedingungen überhaupt anzupassen vermögen, vortrefflich geschützt. Außerdem finden sie in den Wirththieren Alles, was sie zur Assimilation nöthig haben: Licht sowohl wie Wasser und Kohlensäure. In der Nähe der Meeresoberfläche ist bekanntlich nur wenig Kohlensäure im Meerwasser enthalten; der Kohlensäuregehalt nimmt nach der Tiefe allmählich immer mehr zu, der Gehalt an Sauerstoff dagegen ab[1]. Die Pflanzen sind aber nicht im Stande, von dem größeren Kohlensäuregehalt des tieferen Meerwassers Gebrauch zu machen, da sie in ihrem Vorkommen an das Vorhandensein hinreichenden Lichtes gebunden sind. Nach WYV. THOMPSON kommen aus diesem Grunde unterhalb 200 Faden gar keine Pflanzen mehr vor. Wenn die Algen in Thiere einwandern, welche an der Meeresoberfläche oder doch nur in sehr geringen Tiefen sich aufhalten, so finden sie bei dieser Lebensweise die Vortheile der Tiefe (Kohlensäurereichthum) und die der Oberfläche (starke Belichtung) in schönster Weise vereinigt. Bis jetzt sind noch keine algenführenden Thiere aus Tiefen heraufbefördert, die unterhalb der Grenze des vegetabilischen Lebens liegen. Alle sind vielmehr hinreichend dem Lichte ausgesetzt und zugleich genügend durchsichtig, so dass ihre Algen vollauf Gelegenheit haben zu assimiliren.

Ungleich schwieriger ist die Frage zu beantworten, ob auch die Thiere Vortheil davon haben, dass sie Algen in ihren Geweben beherbergen, und worin diese Vortheile bestehen. Entweder kann die durch die Algen bewirkte Färbung den Thieren von Nutzen sein (v. GRAFF), oder aber die Vortheile sind in der Assimilationsthätigkeit zu suchen. Zu Gunsten der letzteren Annahme spricht die seit langer Zeit bekannte Thatsache, dass die algenführenden Thiere mehr als andere das Licht aufzusuchen scheinen. Die Vermuthung liegt nahe, dass sie dies thun, um den in ihnen lebenden Algen bessere Gelegenheit zur

---

[1] Nach WYVILLE THOMPSON (The Depth of the Sea. London 1873) sind in der vom Meerwasser absorbirten Luft nahe der Oberfläche im Mittel 20,7 %, bei 800 Faden Tiefe schon 33,7 % Kohlensäure enthalten.

Assimilation zu geben. SCHULZE hat außerdem gezeigt, dass die Algen in Hornschwämmen nur bis zu 2 oder 5 mm Tiefe in der Rindenschicht vorkommen. Bei anderen Thieren kann man leicht dasselbe constatiren. Bei Actinien, den Acanthometren und anderen Radiolarien finden sie sich immer da, wo sie nicht vom thierischen Farbstoff verdeckt sind. In fast allen Fällen zeigt sich, dass die Algen nur in denjenigen Körpertheilen von Thieren vorkommen, in welchen sie gut assimiliren können. Finden sich aber die Algen in Theilen, die eigentlich nicht belichtet sind, wie dies z. B. bei Echinocardium der Fall ist, wo die Algen vorzugsweise in den Ambulacralfüßen der Unterseite vorkommen, so kommt ihnen das Thier zu Hilfe. Echinocardium z. B. liegt stets auf dem Rücken und kehrt die Mundseite mit den Algen immer dem Lichte zu.

Bei der Assimilationsthätigkeit werden bekanntlich von den Algen aus Kohlensäure und Wasser organische Stoffe und Sauerstoff producirt. Es fragt sich nun weiter, ob die Thiere ihre Algen desswegen bei der Assimilationsthätigkeit unterstützen, weil ihnen der producirte Sauerstoff oder aber die neugebildeten Nährstoffe von Nutzen sind. Wie ich unten ausführen werde, ist es vorläufig weder bewiesen noch wahrscheinlich, dass die Sauerstoffproduction seitens der Algen eine angenehme oder nützliche Gewebsrespiration bei den Thieren bewirkt: dagegen kann ich meine früher bereits ausgesprochene Ansicht von der Bedeutung der Algen für die Ernährung der Thiere im Folgenden besser begründen als es bisher geschehen ist. Dass außerdem auch, wie v. GRAFF (88) meint, die durch die Algen hervorgerufene grüne Färbung als »Schutzfärbung« dem Wirthe zu Gute kommen müsse, ist für die mit grünen Algen versehenen Thiere gewiss durchaus zutreffend. Elysia, die gern auf Ulvablättern umherkriecht, ist vortrefflich gegen Nachstellungen geschützt, eben so Hydren und grüne Infusorien, die sich auf Lemnen, Charen und anderen Wasserpflanzen festgesetzt haben. Andererseits ist aber ein solcher Vortheil bei den mit gelben, bezw. braunen Algen versehenen Thieren in den meisten Fällen sicher ausgeschlossen. Bei den Radiolarien bewirken die gelben Zellen gar keine Färbung des ganzen Thieres: für sie kann also ein derartiger Vortheil nicht bestehen. Auch für die Actinien dürfte er nur gering sein. Aiptasia und Ceriactis haben braune Tentakeln, wenn sie gelbe Zellen enthalten, — farblose, wenn sie derselben entbehren. Die glashellen, farblosen Tentakeln werden aber Feinden, deren sich die betreffenden Actinien nicht erwehren können, weniger sichtbar sein, als die braun gefärbten. Für die pelagische Cassiopeia ist die lebhafte

Gelbbraunfärbung sogar unzweifelhaft mehr nachtheilig als vortheilhaft. Ähnlich ist es mit anderen Thieren, welche gelbe Zellen enthalten.

1. Bedeutung der Algen für die Ernährung der sie beherbergenden Thiere.

In meinen bisherigen Veröffentlichungen über das Zusammenleben von Algen und Thieren suchte ich zu zeigen, dass die Zoochlorellen und Zooxanthellen in morphologischer Beziehung allerdings total verschieden sind von Chlorophyllkörpern, dass sie aber in physiologischer Hinsicht ihnen fast ganz entsprechen. In der Leibessubstanz der Thiere befinden sich Algen, die wie Chlorophyllkörper functioniren. Die Function der echten (pflanzlichen) Chlorophyllkörper besteht in der Assimilationsthätigkeit, und eben so ist die hauptsächlichste Bedeutung der Algen für die Pilze, mit denen sie zu Flechten vergesellschaftet sind, in der Ernährung zu suchen. Man kann also die Zooxanthellen und Zoochlorellen nur dann den Chlorophyllkörpern der Pflanzen an die Seite stellen und von einer Parallele der Phytozoen mit den Flechten sprechen, wenn man nachweist, dass die Algen in den Thieren dieselbe Rolle spielen, wie die Chlorophyllkörper in den Pflanzen und die Algen in den Flechten, d. h. wenn man zeigt, dass die Algen zur Ernährung der Thiere wesentlich beitragen können.

Nimmt man aber an, dass die Thätigkeit der Algen für ihre Thierwirthe hauptsächlich oder womöglich allein in der Lieferung von Sauerstoff bestehe, dass die Algen besonders für die Athmung der Thiere von Wichtigkeit seien, so darf man das Zusammenleben von Algen und Thieren auch nicht mit der Flechtensymbiose vergleichen und den Algen in den Phytozoen nicht die Rolle der pflanzlichen Chlorophyllkörper zuschreiben. Dass bei der Bildung von Stärke aus Wasser und Kohlensäure auch Sauerstoff frei wird, ist für die einzelne Pflanze jedenfalls sehr wenig bedeutungsvoll. Die Pflanze wird zwar eher Vortheil als Schaden durch den in ihr producirten Sauerstoff haben; aber sie ist nicht auf ihn angewiesen. Ähnlich ist das Verhältnis bei den Flechten. Sauerstoff finden die Pilze da, wo sie mit Algen zu Flechten vereinigt leben, in mehr als hinreichender Menge. Da sie aber nicht im Stande sind, sich selbst zu ernähren, so sind sie ganz auf die Assimilationsthätigkeit der Algen angewiesen. Ganz ähnlich kann man sich auch bei den Phytozoen die Beziehung zwischen dem Thierwirth und den

Algenmietherinnen vorstellen. Alle Phytozoen, welche ich bis jetzt kennen gelernt habe, leben in sauerstoffreichem Wasser, oft aber unter Bedingungen, in welchen sie wenig Gelegenheit haben, sich nach Art von Thieren durch Aufnahme und Verdauung von anderen Lebewesen zu ernähren.

Was für Nutzen hätte wohl auch ein Thier, das Algen enthält, oder ein Pilzmycel, das mit Algen zu einer Flechte vergesellschaftet ist, von der Sauerstoffproduction seitens der eingemietheten Algen? Wenn das Thier oder der Pilz wesentlich darauf angewiesen wäre, so könnte es auch nicht eine einzige Nacht überdauern. Nur während der hinreichend hellen Tageszeit, also in vielen Fällen nur während der Hälfte oder des dritten Theiles der 24 Tagesstunden, produciren die Algen Sauerstoff. In der ganzen übrigen Zeit hauchen sie nur Kohlensäure aus. So lange die Sauerstoffproduction dauert, kommt die geringe Menge der von den Algen ausgeathmeten Kohlensäure gar nicht in Betracht; sobald aber die Belichtung und damit die Sauerstoffproduction aufhört, würde das Thier bezw. der Pilz um so mehr belästigt oder wohl gar geschädigt werden, je größeres Sauerstoffbedürfnis sie haben. Das Bedürfnis, Sauerstoff einzuathmen, haben alle organischen Wesen fortwährend; dagegen sind sie nicht auf unaufhörliche Ernährung angewiesen. Wenn also die Assimilationsthätigkeit der Algen für die Thierwirthe irgend welche wesentliche Bedeutung haben soll, so kann dieselbe in erster Linie nur in der Lieferung von Nahrungsstoffen bestehen, während die gleichzeitig dabei stattfindende Sauerstoffproduction nur von untergeordneter Bedeutung für das Thier sein wird.

Es wurde vorhin angedeutet, dass sich gelbe Zellen vorzugsweise in Thieren finden, welche weniger Gelegenheit haben, andere Organismen zu fressen. Da gerade in solchen Fällen eine Ernährung durch die Algen von großem Vortheil sein muss, so wären einige dieser Fälle namhaft zu machen. Die gelben Zellen finden sich besonders in festsitzenden oder in flottirenden pelagischen Thieren. Velellen und Radiolarien sind kaum im Stande sich zu bewegen, geschweige denn ihre Beute zu verfolgen. Wenn sie sich in animalischer Weise ernähren wollen, so müssen sie sich damit begnügen, dass ihnen von den Bewegungen des Wassers Thiere zugeführt werden, oder dass die Opfer selbst in den Bereich der Nesselkapseln bezw. Pseudopodien sich bewegen. Die festsitzenden Thiere sind noch weit eher, als die pelagischen, befähigt, Beute zu fangen, so die Vorticellen, Bryozoen und besonders auch die Actinien und Korallen. Jedenfalls sind aber auch sie in viel höherem Grade als die freier und energischer Bewegungen

fähigen Thiere auf Zufall und Gelegenheit bezüglich der Habhaftwerdung ihrer Beute abhängig.

Ist es schon auffallend, dass die gelben Zellen sich besonders in Thieren finden, welche wenig Gelegenheit haben, Beute zu erlangen, so wird die Bedeutung der Algen als Ernährer ihrer Wirththiere noch sehr viel wahrscheinlicher durch die Thatsache, dass viele algenführenden Thiere gar keine Nahrung aufnehmen. Ein besonders schönes Beispiel hierfür bieten die coloniebildenden Radiolarien (Sphaerozoiden). In meiner kurzen Mittheilung über Untersuchungen an Radiolarien (62, p. 398) führte ich bereits an, dass man in jungen Exemplaren von Collozoum pelagicum, die etwa 50—100 Centralkapseln besitzen, häufig gar keine oder nur vereinzelte gelbe Zellen findet. Später machte ich darauf aufmerksam (72, p. 142), dass alte Colonien von Collozoum, Sphaerozoum etc. niemals größere thierische oder pflanzliche Fremdkörper enthielten, von denen sie sich nach Art der Thiere ernähren könnten, wohl aber zahlreiche gelbe Zellen. Auf Grund früherer, noch nicht veröffentlichter und außerdem neuer, speciell diesem Zwecke gewidmeten Untersuchungen an Tausenden von alten und jungen Sphaerozoiden lassen sich die bereits mitgetheilten Thatsachen noch erheblich vervollständigen. Junge Collozoen (C. inerme, pelagicum und coeruleum) besitzen, wenn überhaupt, nur wenige gelbe Zellen. Die von der extracapsulären Sarkode ausstrahlenden, reich verzweigten Pseudopodiengeflechte treten durch die noch schlaffe, wasserreiche Gallerte bis an die Oberfläche derselben und ragen dann frei ins Wasser hinein. Wie bereits von anderen Forschern angegeben ist, erhalten dadurch die Colonien eine klebrige Oberfläche. Organische und unorganische, im Wasser schwebende Partikel, ferner allerlei kleine Thiere und Pflanzen bleiben an den vorgestreckten Pseudopodien kleben, so wie sie dieselben berühren, und werden allem Anscheine nach verdaut. Sie bleiben dabei im Allgemeinen an der Oberfläche der Gallerte und weisen alle Stadien des allmählichen Zerfalls auf. Im Innern der Gallerte findet man nur Organismen, die einer selbständigen und ziemlich energischen Bewegung fähig sind. Sie können nur dadurch hineingelangt sein, dass sie sich selbst in die Gallerte eingebohrt haben: dagegen können sie nicht von den zarten Pseudopodien in die elastische und sehr widerstandsfähige Gallerte hineingezogen sein.

Junge Individuen von Sphaerozoiden sind, je nach der Menge der organischen und unorganischen Bestandtheile des Wassers, in welchem sie sich befinden, mehr oder weniger stark mit Fremdkörpern incrustirt.

alte Exemplare dagegen besitzen stets eine nahezu vollkommen reine Oberfläche der Gallerte und enthalten in ihrer Gallerte nur in leicht erklärbaren Ausnahmefällen irgend welche der Verdauung unterworfene Fremdkörper. Die Gallerte ist sehr viel consistenter als bei jungen Individuen; sie besitzt etwa dieselbe Consistenz wie die knorplige Schirmgallerte von Rhizostoma und anderen Medusen. Die Pseudopodien sind eben so zart wie bei jungen Exemplaren, doch ragen sie weit weniger und in geringerer Zahl über die Oberfläche der Gallerte hervor, so dass die Colonie fast gar nicht klebrig ist. Man findet auch an der Gallertoberfläche nur ganz vereinzelte kleine Diatomeen etc., deren Gesammtmasse im Vergleich zur Masse der Radiolariencolonie jedoch so gering ist, dass sie kaum zur animalischen Ernährung von einigen, geschweige denn von vielen tausend Centralkapselmassen (Einzelindividuen) ausreichend sein kann.

Nur in einem einzigen Falle bemerkte ich in einer Colonie, und zwar von Sphaerozoum punctatum, einen Copepoden, der seiner Größe nach wohl geeignet gewesen wäre, die ganze Colonie zu ernähren. Der kleine Krebs, den Herr Dr. W. GIESBRECHT als Anomalocera Patersonii bestimmte, war noch vollständig am Leben und befreite sich nach einiger Zeit wieder von der gallertigen Umhüllung. Eben so wie sich der Krebs selbständig befreit hat, kann er auch nur durch eigene Thätigkeit in die Radiolariencolonie hineingelangt sein; denn es ist völlig undenkbar, dass die feinen Pseudopodien den kräftigen Krebs einige Secunden festgehalten hätten, oder dass sie ihn gar in die äußerst elastische, knorpelartige Gallerte hätten hineindrücken können. Der Krebs muss sich vielmehr selbst in die Gallerte hineingebohrt haben. Ein weniger kräftiges Thier hätte vielleicht in die Gallerte hineingelangen können, aber nicht wieder heraus. Wenn zufällig ein Beobachter das Thier dann in halbverdautem Zustande in der Radiolariencolonie fände, würde er vielleicht zu der irrigen Annahme verleitet werden, dass die Radiolarien größere Thiere erbeuten könnten.

Eine rein animalische Ernährung ist für die älteren Exemplare von Sphaerozoiden sicher ausgeschlossen; andererseits macht der Umstand, dass alle großen Radiolariencolonien, welche ich untersuchte, stets verhältnismäßig bedeutend mehr gelbe Zellen als die jungen Exemplare enthielten, eine vegetabilische Ernährungsweise nahezu gewiss. Während bei jungen Colonien 0—2 oder 3 gelbe Zellen auf je eine Centralkapsel kamen, fanden sich bei alten im Umkreise jeder Centralkapselmasse mindestens 6 oder 10, meist noch sehr viel mehr, bis 20 oder 30, gelbe Zellen. Bei Sphaerozoum acuferum, welches sehr große

Centralkapseln besitzt, finden sich sogar bis 100 gelbe Zellen an einer Centralkapsel.

So lange die Radiolariencolonien nur wenige gelbe Zellen enthalten, ernähren sie sich vorzugsweise in animalischer Weise, — davon zeugen die zahlreichen angeklebten, der Verdauung unterworfenen Fremdkörper. Wenn sie aber größere Mengen dieser Algen enthalten, so lassen sie sich von diesen Nährstoffe produciren, ernähren sich also in vegetabilischer Weise. Die Wechselbeziehung zwischen den coloniebildenden Radiolarien und ihren gelben Zellen ist sogar eine so innige, dass keine der Sphaerozoiden ihren Entwicklungskreis durch Zerfall in zahllose Zoosporen abschließt, ohne längere Zeit hindurch wie eine Pflanze gelebt zu haben. Ich habe wenigstens trotz zahlreicher, eigens darauf gerichteter Untersuchungen niemals ein junges Thier, das nur wenige Algen enthielt, Schwärmer produciren sehen, sondern nur große Exemplare, welche mit sehr zahlreichen gelben Zellen versehen waren. Diese auffallende Thatsache kann jedoch auch darin ihren Grund haben, dass das vegetative Leben der Radiolarien sehr lange dauert, und dass die Thiere während dieser Zeit fortwährend den Einwanderungen von Algenschwärmern, die im Meerwasser sehr häufig vorkommen, ausgesetzt sind.

Meine Beobachtungen über die Ernährungsweise der Radiolarien stehen mit den Angaben Haeckel's, des einzigen Forschers, welcher bisher Mittheilungen über die Ernährung der Radiolarien gemacht hat, durchaus nicht — wie neuerdings von mehreren Seiten behauptet wurde — in Widerspruch. In dem ganzen, diesem Gegenstande gewidmeten Abschnitt seiner Monographie (15, p. 135 ff.) erwähnt er der Sphaerozoiden mit keinem Wort. Als Beispiele macht er nur die Aulacanthen, welche gar keine gelben Zellen enthalten, und die Thalassicollen namhaft. Er beschreibt bei diesen Thieren das Festkleben von allerlei Fremdkörpern in ähnlicher Weise, wie ich es oben gethan habe. Ein Satz zeigt aber sehr deutlich, dass auch schon Haeckel die Anzahl der festgehaltenen Fremdkörper zur Ernährung der Radiolarien zu gering erschien. Auf pag. 140 seiner Monographie sagt er: »Dass die aufgenommenen festen Stoffe allein zur Nahrung dienen, ist nicht wahrscheinlich; eben so gut ist es denkbar, dass organische oder unorganische Substanzen direct assimilirt werden.«

Ähnlich wie die Radiolarien geben auch viele Süßwasserthiere (gewisse Heliozoen und Amöben, ferner einige Infusorien) die animalische Ernährungsweise auf, wenn sie genügende Mengen von lebenden Algen in ihrem Protoplasma enthalten. In ihnen fand ich nie fremde halb-

verdaute Organismen, wohl aber oft so reichliche Mengen von lebenden Algen, dass gar kein Platz für aufzunehmende andere Körper vorhanden war. Auch GÉZA ENTZ (81, p. 463) führt eine Reihe von Protozoen an, welche nach seinen Beobachtungen keine Nahrungsstoffe mehr von außen aufnehmen, wenn sie zahlreiche Pseudochlorophyllkörper enthalten: *Paramecium Bursaria*, *Vorticella Campanula*, *Vaginicola crystallina*, *Stichotricha secunda* und *Acanthocystis turfacea*.

Während nun auch bei manchen Protozoen die Anpassung an die in ihnen lebenden Algen so groß ist, dass sie sich ganz von ihnen erhalten lassen und von dem, ihnen selbst innewohnenden Vermögen, andere Organismen nach Art von Thieren zu verdauen, gar keinen oder nur ganz unzureichenden Gebrauch machen, findet man unter Coelenteraten und den anderen höher organisirten Thieren trotz des reichlichen Vorhandenseins von Algen häufig der Verdauung unterworfene Thiere. Hydren, Actinien, Velellen und andere Coelenteraten ziehen alle thierischen Organismen, deren sie habhaft werden können, in ihre Verdauungshöhle hinein und machen sich jedenfalls einen großen Theil ihrer Körpersubstanz zu Nutze. Daraus kann man aber nicht folgern, dass bei diesen Phytozoen, oder gar bei den Phytozoen überhaupt, die Algen gar nicht zur Ernährung ihrer Wirthe beitragen. Wie ich glauben möchte, kann man aus dieser Beobachtung an Coelenteraten noch nicht einmal schließen, dass bei den Actinien etc. noch irgend ein dringendes Bedürfnis nach animalischer Ernährungsweise vorhanden sei. Jedenfalls bedürfte diese Anschauung erst noch einer eingehenden experimentellen Prüfung.

Der hauptsächlichste oder vielleicht sogar einzige Grund für die Thatsache, dass die Coelenteraten trotz des Besitzes zahlloser Algen noch andere Thiere fressen und so weit wie möglich verdauen, besteht wohl in der maßlosen Gefräßigkeit dieser Thiere. Sehr interessant und, wie ich glaube, für meine Ansicht sprechend ist folgende von JICKELI[1] (80)

[1] Gegen meine irrthümliche Ansicht, dass Hydra viridis nur eine algenführende Varietät von Hydra grisea sei (72, p. 137), macht JICKELI mit Recht geltend, dass zwischen H. viridis und H. grisea bereits gewichtige entwicklungsgeschichtliche und morphologische Unterschiede nachgewiesen sind, die eine solche Annahme, wie ich sie ausgesprochen habe, nicht zulassen. Ein anderes, von JICKELI geltend gemachtes Argument kann ich nicht ohne Weiteres als zwingend anerkennen. Er meint, »dass H. grisea wohl keine grünen Körper mehr aufnehmen kann, weil sie eben bereits ähnliche, aber gelblich gefärbte in ihren Entodermzellen besitzt«. Wie aber CARTER und EILH. SCHULZE für Spongien, ENTZ für Infusorien und ich für Velella gezeigt haben, ist es nicht ungewöhnlich, dass zwei oder mehr verschiedene Arten von Algen in einem Thiere, ja in derselben Zelle eines Thieres vorkommen.

neuerdings veröffentlichte Beobachtung: »Jeder, der Süßwasserpolypen längere Zeit beobachtet, kann sich allerdings überzeugen, dass diese Thierchen recht lange zu hungern vermögen, dass dieselben aber reichlich fressen, wenn ihnen entsprechende Nahrung — am besten kleine Crustaceen — geboten wird. Unter Umständen scheinen sich dieselben geradezu zu Tode zu fressen, denn bringt man, um das Wachsthum möglichst zu beschleunigen oder geschlechtliche Fortpflanzung zu erzielen, große Mengen von Crustaceen zu den Polypen, so sieht man dieselben ununterbrochen mit dem Bewältigen und Verzehren der Beute beschäftigt, bald pflegt dann aber, wenn man nicht die gehörige Grenze im Füttern eingehalten, ein allgemeines Absterben einzutreten.« — Wenn Hydren, die keine Algen enthalten, im Übermaß Nahrung aufnehmen und daran zu Grunde gehen, so werden algenführende Hydren wohl erst recht jede Gelegenheit benutzen, thierische Nahrung aufzunehmen. Es ist ja ohnehin fraglich, ob den Hydren und den Actinien, welche exquisite Fleischfresser sind, die von Pflanzen bereitete Kost angenehm ist. Jedenfalls wird diesen Thieren die Aufnahme thierischer Nahrung eine sehr wohlthuende Abwechslung bieten. Die Beobachtung vom Vorhandensein halbverdauter Thiere in Phytozoen verliert durch Jickeli's schöne Untersuchung sehr an Gewicht. Wenn Thiere sich zu Tode fressen, so werden sie auch dann noch Speise aufnehmen, wenn sie bereits durch die in ihnen lebenden Algen hinreichend ernährt sind.

Für mich handelt es sich vorläufig um die Frage, ob solche Thiere von ihren Algen ernährt werden können, und diese Frage kann nicht durch Beobachtungen allein entschieden werden, sondern bedarf einer experimentellen Prüfung. In erster Linie galt es festzustellen, ob algenführende Thiere in filtrirtem Wasser längere Zeit zu leben vermögen als algenfreie Exemplare derselben Species. Ferner musste sich bei algenführenden Exemplaren ein Unterschied ergeben, wenn man sie in filtrir-

---

Dass ferner thierisches Pigment und Pflanzenfarbstoffe sich nicht vollständig ausschließen, zeigen Thalassicolla (Fig. 46, 47), Rhizostoma, die in den Saugtentakeln außer gelben Zellen auch rothgelbe Pigmentkörner besitzt, ferner Acanthometren, mehrere Actinien etc. — Wenn nun auch der Name Hydra grisea für algenfreie Exemplare von H. viridis unrichtig ist, so glaube ich trotzdem aus meinen früheren Beobachtungen schließen zu dürfen, dass auch Exemplare von Hydra viridis vorkommen, welche zunächst frei von Algen sind und erst durch Einwanderung von Algen grün werden. — Nach Hamann soll ich behauptet haben, »dass Hydra viridis und fusca identische Arten seien«. Eine derartige Behauptung habe ich jedoch niemals ausgesprochen.

tem Wasser längere Zeit dem Tageslichte aussetzte oder aber, unter sonst gleichen Bedingungen, dunkel hielt. Ein derartiger Unterschied musste dagegen fehlen, wenn man algenfreie Exemplare derselben Species oder auch verwandte algenfreie Thiere belichtete oder im Dunkeln züchtete.

Zu Versuchen in dieser Hinsicht wählte ich zunächst die Actinien, die sich auch in mehr als einer Hinsicht als ganz besonders geeignet erwiesen. Ihre außerordentliche Lebenszähigkeit erschien mir zwar anfangs bedenklich; doch erwies gerade diese Eigenschaft sich bei den Versuchen als besonders vortheilhaft. Hauptsächlich wegen der ganz ungewöhnlichen Widerstandsfähigkeit der Actinien und wegen ihrer Fähigkeit, monatelang vollkommen zu hungern, ist der Erfolg der Experimente an diesen Thieren viel augenfälliger als bei weniger zähen Phytozoen. Radiolarien, die ich später, allerdings nur vorübergehend, zu Versuchen verwendete, ließen sich nicht länger als 12 bis 13 Tage züchten. Bei einer so kleinen Zeit machte es einen kaum merklichen Unterschied aus, ob die betreffenden Exemplare belichtet wurden oder nicht. Da außerdem Radiolarien Durchlüftung des Wassers wegen der damit verbundenen Erschütterungen nicht ertragen können, so konnte immer ein erheblicher Einwand nicht ausgeschlossen werden. Wenn die dunkel gehaltenen Exemplare früher in filtrirtem Wasser zu Grunde gingen als die belichteten, so hätte man bei den ersteren den Mangel an Sauerstoff als Todesursache anführen können. Die Algen können ja im Dunkeln nicht assimiliren, also auch keinen Sauerstoff ausscheiden. Die belichteten Radiolarien bekämen also von ihren gelben Zellen nicht allein Nährstoffe, sondern auch Sauerstoff, die dunkel gehaltenen dagegen keins von beiden. Ich konnte für die Radiolarien keine Versuchsanordnung finden, bei welcher die mangelhafte Ernährung als einzige Todesursache möglich gewesen wäre. Sehr viel besser sind, wie bereits bemerkt, die Actinien für Versuche zu verwenden. Auf diese beziehen sich daher auch ausschließlich die nachstehenden Experimente.

1) Der erste Versuch wurde mit Anthea cereus var. plumosa angestellt, und zwar in folgender Weise: Zwei möglichst gleiche Exemplare dieser Actinie wurden in zwei gleich große Gefäße gebracht, welche mehrfach filtrirtes Wasser (3000 ccm) enthielten. Beide Wassermengen wurden gut durchlüftet. Das eine Gefäß wurde einfach mit einem Glasdeckel zugedeckt und so aufgestellt, dass es nicht directes Sonnenlicht, aber doch hinreichendes Licht erhielt. Über das andere Gefäß dagegen wurde ein dickwandiger Holzkasten gestülpt, so dass

diese zweite Anthea gar kein Licht erhielt. Wie spätere Versuche zeigten, macht es übrigens nichts aus, wenn eine kleine Lichtmenge in das Culturgefäß hineinfällt, da ja die Algen eines ziemlich intensiven Lichtes für die Assimilationsthätigkeit bedürfen. Jedenfalls befand sich bei diesem Versuche die eine Anthea in hinreichendem Lichte, die andere dagegen bei sonst gleichen Bedingungen in Dunkelheit, so dass in dem ersten Falle die gelben Zellen als Chlorophyllkörper functioniren konnten, im letzteren dagegen nicht. In der ersten Woche des Versuches war bei den beiden Exemplaren kein Unterschied bemerkbar. Am Ende der zweiten Woche aber wurden von der dunkel gehaltenen Anthea schleimige Fetzen und braune Ballen ausgeworfen. Dann wurde im Laufe der nächsten Wochen die Anthea welk und schlaff und starb schließlich genau einen Monat nach Beginn des Versuches. Wenige Tage später war sie vollständig zerfallen. Das belichtete Exemplar war nicht allein nach vierwöchentlichem Aufenthalt in filtrirtem Wasser noch vollkommen lebensfrisch, sondern auch nach fünf weiteren Monaten. Ja, es theilte sich sogar zuerst in zwei, später in drei Theile, trotzdem es während des ganzen Halbjahres niemals das Geringste zu fressen bekam.

2) Nach diesem ersten Versuche, der das erwartete günstige Resultat ergeben hatte, galt es zunächst einige Einwände auszuschließen. Man könnte ja zunächst behaupten, dass dem Thiere der ungewohnte Aufenthalt im Dunkeln schädlich sei. Dass aber die Actinien an und für sich gegen Lichtabschluss nicht besonders empfindlich sind, zeigten einige Versuche mit *Cerianthus membranaceus*, einer Actinie, welche keine gelben Zellen enthält. Es wurden vier Exemplare dieser Actinie auf zwei Gläser, die mit filtrirtem Wasser gefüllt waren und gut durchlüftet wurden, vertheilt. Das eine Glas wurde durch Überstülpen eines geschwärzten, für Licht vollkommen undurchdringlichen Kastens vom Licht abgeschlossen, das andere aber nur zugedeckt. Das Wasser wurde mehrmals durch frisches, stets sorgfältig filtrirtes Wasser ersetzt. Nach drei Monaten starb der eine belichtete Cerianthus, am Ende des vierten erst die zwei dunkel gehaltenen und zehn Tage später das zweite belichtete Exemplar. In Folge des langen Fastens nahmen sämmtliche Exemplare sichtlich an Größe ab: dagegen veränderte sich die Farbe gar nicht.

Der bedeutende Unterschied, welchen die algenführende Anthea und der algenfreie Cereanthus bei demselben Versuche zeigen, macht es sehr wahrscheinlich, dass Anthea wegen der in ihr enthaltenen Algen Licht unbedingt braucht. Cerianthus lebt im Dunkeln ziemlich eben so

gut wie im Lichte, auch wenn er nicht besonders gefüttert wird. Dass aber die Finsternis selbst auf die Actinien keinen sehr schädlichen Einfluss ausübt, zeigen noch einige andere, nachher anzuführende Versuche.

Außerdem könnte man gegen den ersten Versuch mit Anthea einwenden, dass das massenhafte Absterben von Tausenden von Algen dem Thiere nachtheilig sei, und dass im Dunkeln die Fäulnis verhindernden Algen nicht zu gedeihen vermögen, dagegen Spaltpilze üppig wuchern können. Dass der erste Einwand nicht zutreffend ist, geht daraus hervor, dass Anthea und, wie ich sogleich zeigen werde, auch Aiptasia und Ceriactis das Absterben ihrer Algen ganz gut überleben und meist wochenlang nachher noch ganz normal sind. Sie sind gut ausgestreckt und reagiren auf mechanische und thermische Reize ganz wie algenführende Exemplare.

Wichtiger ist der andere Einwand, dass eine der Todesursachen dunkel gehaltener Phytozoen in dem Fauligwerden des Wassers besteht. Man kann jedoch diese Gefahr leicht dadurch beseitigen, dass man die Thiere immer wieder in frisches, gut filtrirtes Meerwasser bringt. Mit Ausnahme der bis jetzt mitgetheilten Versuche an Anthea und Cerianthus sind auch alle meine Experimente in der Weise angestellt, dass sowohl bei den belichteten als den unbelichteten, den algenführenden wie den algenfreien Exemplaren das Wasser in den ersten Wochen des Versuches jeden zweiten oder dritten Tag, später nach 8—10 Tagen durch frisches, mehrfach filtrirtes Meerwasser ersetzt wurde.

Endlich könnte man behaupten, dass nicht Mangel an Ernährungsmaterial, sondern Mangel an Sauerstoff die dunkel gehaltene Anthea des ersten Versuches getödtet habe. Die mit gelben Zellen versehenen Thiere erhalten ja, so lange sie belichtet werden, stets reichliche Mengen von Sauerstoff in Folge der Assimilationsthätigkeit ihrer Algen, während die dunkel gehaltenen von den gelben Zellen gar keinen Sauerstoff erhalten können. Wenn also auch in beiden Fällen in gleich starker Weise Luft von außen zugeführt wird, so werden doch die belichteten in sauerstoffreicherem Wasser leben als die unbelichteten. Aber auch dieser Einwand ist aus verschiedenen Gründen hinfällig. Zwei derselben werde ich bei dem nächsten Experiment, einen dritten später anzuführen haben.

3) Der dritte Versuch wurde mit 12 gleich großen und gleich gefärbten Exemplaren der kleinen Varietät von *Aiptasia diaphana* ange-

stellt. Diese 12 Exemplare wurden auf zwei größere (mit je 800 ccm) und drei kleinere (400 ccm) Gefäße in der Weise vertheilt, dass in die großen Cylindergläser (A, B) je drei, in die kleinen (C—E) je zwei Exemplare gesetzt wurden. Ein großes und ein kleines Gefäß (A, C) wurden belichtet, die zwei entsprechenden anderen (B, D) vollkommen vom Lichte abgeschlossen und das fünfte endlich (E) nur so weit verdunkelt, dass die gelben Zellen unmöglich assimiliren konnten. Alle Aiptasien wurden in gut filtrirtem Meerwasser gehalten, das namentlich in den ersten Wochen häufig erneuert wurde. Die Luftzufuhr fand bei den Gefäßen A—D in übereinstimmender, bei dem fünften (E) dagegen in dreifach stärkerer Weise statt. Die erheblich stärkere Durchlüftung bei dem dunkel gehaltenen Gefäße E wurde besonders desswegen vorgenommen, weil festgestellt werden sollte, wie weit die im Dunkeln sistirte »Gewebsrespiration« als Todesursache der vom Lichte abgeschlossenen Phytozoen zu betrachten sei.

Schon nach 8—14 Tagen fingen die dunkel gehaltenen Exemplare an, braune Ballen auszuwerfen. Wie die Untersuchung zeigte, bestanden diese Ballen aus lebensfähigen gelben Zellen, welche bei Belichtung Assimilationsproducte bildeten und in einem belichteten Glase weiter lebten. Auch in den nächsten Wochen wurden bräunliche Ballen, an denen oft noch Entodermfetzen der Aiptasia hingen, ausgeworfen, wobei die dunkel gehaltenen Aiptasien immer blasser wurden. Von der achten Woche des Versuches an wurde von ihnen nichts mehr ausgeworfen. Von den 12 Aiptasien war zwar noch kein einziges Exemplar gestorben, doch waren nur die belichteten Thiere vollkommen normal, gut ausgestreckt und so braun gefärbt, wie bei Beginn des Versuches, während die dunkel gehaltenen meist vollkommen zusammengezogen waren oder doch ihre Tentakeln retrahirt hatten und gänzlich frei von Farbstoff waren. Sie erschienen nun in zusammengezogenem Zustande weißlich, später, als sich einige wieder ausstreckten, glashell.

Es wurde nun eine kleine Änderung des Versuches vorgenommen, weil an den Aiptasien des Gefäßes E festgestellt werden sollte, ob sie vielleicht noch gelbe Zellen enthalten. Allerdings erschienen die Aiptasien von E farblos, eben so wie die in vollkommener Finsternis gehaltenen Aiptasien in B und D, auch ließ sich in abgeschnittenen Tentakelstücken niemals eine gefärbte Zooxanthella nachweisen; es war aber möglich, dass bei dem achtwöchentlichen Aufenthalt im Halbdunkel vereinzelte gelbe Zellen im Thiere zurückgeblieben waren und ihren Farbstoff eingebüßt hatten, so dass man sie nicht von den Gewebselementen des Wirththieres unterscheiden konnte. Die

Beantwortung dieser Frage ist desshalb von großer Wichtigkeit, weil damit entschieden wird, ob die Algen unter Umständen auch als echte Schmarotzer in den Thieren leben können. Da in allen Gefäßen, so auch in E, sich mehrfach filtrirtes Wasser befand, so war eine Einwanderung gelber Zellen von außen ausgeschlossen. Wenn also gelbe Zellen in den Geweben der Aiptasien des Gefäßes E sichtbar wurden, so konnte dies nur dadurch geschehen, dass entfärbte gelbe Zellen im Innern des Thieres wieder Farbstoff bildeten. Die Änderung des Versuches bestand darin, dass E von der neunten Woche an belichtet wurde. An den übrigen Gefäßen wurde dagegen nichts geändert.

In der zehnten Woche starb dann die erste Aiptasia (aus Gefäß D) und im Verlaufe der nächsten zwei Wochen noch drei weitere Exemplare (zwei aus B und eins aus E). Der Tod erfolgte bei allen in übereinstimmender Weise. Die Thiere strecken sich nicht mehr aus, sondern bleiben stets zusammengezogen. Sie schrumpfen mehr und mehr zusammen, und wenn sie etwa zu der Größe eines Stecknadelknopfes reducirt sind, stülpen sie sich um, so dass die Tentakeln nach innen, die Mesenterialfilamente nach außen gerichtet sind. Die letzteren bewegen sich noch einige Zeit schlängelnd hin und her, schließlich stellen auch sie die Bewegungen ein, und das Thier zerfällt zu einem Klümpchen, das aus den Hüllen zahlloser Nesselkapseln und krümeligem Detritus besteht. Der Hungertod fand bei Aiptasia stets in derselben Weise statt, während bei Erwärmung und bei Erstickung der Tod in anderer Weise eintritt.

Nach drei Monaten waren nur noch je eine Aiptasia in den Gefäßen B, D und E. Von diesen starben eine am Ende des vierten, die zweite am Anfang des fünften Monats (B und E) und die letzte erreichte noch den Anfang des siebenten Monats. Alle starben unter ganz allmählicher Verkümmerung den Hungertod. Die vom Beginn des Versuches an belichteten fünf Aiptasien in den Gefäßen waren dagegen sämmtlich noch im achten Monat so lebenskräftig, wie bei Anfang des Versuches. Sie schienen brauner und etwas kleiner geworden zu sein; sonst ließ sich keine Veränderung an ihnen wahrnehmen. Von den 12 Aiptasien sind also die sieben dunkel gehaltenen nach $2^1/_2$ bis 6 Monaten gestorben, während alle fünf belichteten am Leben geblieben sind.

Die Todesursache der dunkel gehaltenen oder mangelhaft belichteten Exemplare von Aiptasia kann nur in der gänzlich ausgeschlossenen Ernährung liegen. Das Wasser war stets vollkommen rein, so dass von einer Schädigung der Thiere durch Verwesen von ausgeworfenen Stoffen

der Aiptasia nicht die Rede sein kann. Ferner zeigt der Umstand, dass einige der Aiptasien das Auswerfen der gelben Zellen noch monatelang überlebten, dass auch die Häutungsprocesse, die gleichzeitig mit dem Auswerfen der Algen stattfinden, die Thiere nicht so sehr schwächen, dass sie daran zu Grunde gehen müssten. Vier Aiptasien erholten sich allerdings nicht davon, sondern starben 2—4 Wochen nachher, ohne sich noch einmal ordentlich auszustrecken; dagegen blieben die anderen drei noch lange Zeit am Leben. Wenn also auch bezüglich der ersten vier dem Absterben und Auswerfen der gelben Zellen eine Bedeutung eingeräumt werden muss, so kann doch für den Tod der drei letzten unmöglich die Ursache darin bestehen. Endlich zeigt auch der Versuch mit den Aiptasien im Gefäße E, dass weder die mangelnde Belichtung noch der Mangel an Sauerstoff den Tod der dunkel gehaltenen Exemplare hat herbeiführen können. Während der ersten acht Wochen wurde ja das Gefäß nur so weit verdunkelt, dass die gelben Zellen der Aiptasien nicht assimiliren konnten. Nachdem dann die gelben Zellen, ganz wie in den absolut finsteren Gefäßen, vollständig von den Aiptasien ausgeworfen waren, half auch gute Belichtung nichts mehr. Sie gingen eben so schnell zu Grunde, wie die fortwährend in vollständiger Finsternis gehaltenen Aiptasien. Auch übte es bei ihnen keinen sichtbaren Einfluss aus, dass sie besser als die dunkel gehaltenen, und besser sogar als die belichteten, mit Sauerstoff versorgt wurden.

Es bleibt hier nur eine Erklärung für das Absterben der Aiptasien: die mangelnde Ernährung. Die belichteten Exemplare erhielten von den gelben Zellen Assimilationsproducte geliefert, die unbelichteten dagegen erhielten gar keine Nahrungsstoffe und gingen desshalb unter fortschreitender, ganz allmählicher Verkümmerung zu Grunde. — Nach diesem Versuche scheint es fast, als ob Aiptasia sehr viel länger zu hungern vermöchte, als die zum ersten Experimente benutzte Anthea. Wie ich aber bereits hervorgehoben habe, unterließ ich bei meinen beiden ersten Versuchen einige Vorsichtsmaßregeln, die das Resultat zweifelhaft machen. Aus dem ersten Versuche folgt mit Sicherheit nur, dass Antheen im Lichte monatelang in filtrirtem, durchlüftetem Wasser ohne Nahrungszufuhr gedeihen, im Dunkeln aber bei sonst gleichen Bedingungen sterben.

4) Um auch für Anthea festzustellen, ob, wie bei Aiptasia, allein durch vollständige Nahrungsentziehung der Tod herbeigeführt werden könne, stellte ich einen Versuch an, der mit dem ersten fast übereinstimmt und nur darin von ihm abweicht, dass ich mich diesmal der

anderen algenführenden Varietät bediente und das filtrirte Wasser sehr häufig erneuerte. Von zwei Gefäßen, die je zwei Exemplare von *Anthea cereus* var. *smaragdina* enthielten, wurde das eine (A) belichtet, das andere (B) vollkommen dunkel gehalten. Wie bei Aiptasia warfen die dunkel gehaltenen Exemplare während der ersten zwei Monate viele braune Klumpen aus und wurden dabei immer blasser. Nach achtwöchentlichem Aufenthalt im Dunkeln enthielten die Antheen des Gefäßes B gar keine gelben Zellen mehr, wenigstens wurden von dieser Zeit an gar keine braunen Klumpen oder Flöckchen mehr ausgeworfen. Die Antheen erschienen nun sehr viel blasser als die belichteten, waren jedoch nicht wie die dunkel gehaltenen Aiptasien vollkommen farblos. GEDDES (76) und KRUKENBERG (83) haben bereits darauf aufmerksam gemacht. dass die grünlich braune Färbung der Antheen nicht von den gelben Zellen allein herrührt, sondern dass noch thierischer Farbstoff daneben vorhanden ist. Bei der Varietät *A. cer. smaragdina* ist der Leib nach monatelangem Aufenthalt im Dunkeln noch blass grünlichbraun gefärbt. Die Tentakeln sind weiß und nur die Spitzen derselben mit einem violetten Farbstoff versehen. Die andere Varietät *A. cer. plumosa* erscheint in vollkommen algenfreiem Zustande ähnlich wie smaragdina, nur fehlt die rothe Färbung der Tentakelspitzen.

Bei Aiptasia waren einige Exemplare wenige Wochen nach dem vollständigen Auswerfen der gelben Zellen gestorben. Dies trat bei Anthea nicht ein. Die eine dunkel gehaltene Anthea theilte sich sogar in zwei, so dass im Ganzen drei Exemplare in dem Gefäße B sich befanden. Bei Beginn des fünften Monats waren noch alle drei anscheinend ganz normal und ließen sich von den beiden belichteten Exemplaren nur durch viel schwächere Färbung unterscheiden.

Wie beim vorigen Versuche wurde nun eine kleine Änderung vorgenommen. Es wurde nämlich das eine der drei dunkel gehaltenen Exemplare aus dem Gefäße B herausgenommen und in einem anderen Glase dem Lichte ausgesetzt. Trotz ausreichender Belichtung waren bei diesem Exemplar auch nach mehreren Wochen noch keine gelben Zellen bei mikroskopischer Untersuchung eines abgeschnittenen Tentakelstückes zu erkennen. Es waren also eben so wenig wie bei den dunkel gehaltenen Aiptasien entfärbte gelbe Zellen im Thiergewebe zurückgeblieben. Vom Beginn des sechsten Monats an wurde dann dasselbe Thier nicht mehr in filtrirtem, sondern in fortwährend circulirendem Meerwasser, das reich an Algen war, gehalten. Schon nach den ersten zwei Wochen trat eine blassgrünliche, später eine deutliche bräunlichgrüne Färbung der vorher farblosen Tentakeln ein. Wie die

Untersuchung zeigte, waren zunächst vereinzelte, nach vier Wochen aber schon sehr zahlreiche gelbe Zellen in den Tentakeln vorhanden.

Der Hauptversuch ist leider noch nicht beendet. Die beiden dunkel gehaltenen Antheen leben noch jetzt, obwohl der Versuch schon vor beinahe sieben Monaten begonnen wurde. Ich kann daher das Resultat erst in einem Nachtrage mittheilen.

5) Um auch in anderer Weise als bisher zu zeigen, dass die algenfreien Aiptasien, Antheen etc. in filtrirtem, durchlüftetem Wasser den Hungertod sterben, wurden einige Exemplare gefüttert, die anderen nicht. Zu diesem Versuche wurden weißlichgrüne Exemplare von *Anthea cereus* var. *plumosa* verwendet, welche nach monatelangem Aufenthalt in einem schwach belichteten Aquarium sich allmählich vollkommen ihrer gelben Zellen entledigt hatten. Drei solche Antheen wurden in eben so vielen Gläsern in durchlüftetem, filtrirtem Wasser, das häufig erneuert wurde, dem Lichte ausgesetzt. Sie behielten die blasse Färbung des Leibes bei und ließen bis zu ihrem Tode bei mikroskopischer Untersuchung keine gelben Zellen in ihren Tentakeln erkennen. Der Tod trat, ähnlich wie bei Aiptasia, unter allmählicher Verkümmerung ein und erfolgte bei dem einen Exemplar nach drei Wochen, bei dem zweiten nach sechs und dem dritten nach acht Wochen. Das frühe Absterben dieser Antheen liegt wohl hauptsächlich daran, dass sie schon vor Beginn des eigentlichen Versuches monatelang nicht gefüttert wurden, so dass sie allein auf die mikroskopischen Organismen, welche das circulirende Wasser ihnen zuführte, angewiesen waren.

Zwei andere algenfreie Exemplare von Anthea cereus var. plumosa wurden ebenfalls in filtrirtem, durchlüftetem Wasser gehalten, aber jeden sechsten bis achten Tag mit kleinen Fischstückchen gefüttert. Sie leben noch jetzt, d. h. vier Monate nach Beginn des Versuches.

6) Ein ähnlicher Versuch wurde mit einer anderen algenführenden Actinie, nämlich *Ceriactis aurantiaca*, angestellt. Ich setzte mehrere Exemplare dieser Species in ein großes Becken, das mit zuströmendem Wasser gut versorgt wurde, aber so aufgestellt war, dass die Algen nicht darin gedeihen konnten. In einem anderen Becken, das nur dem Lichte genügend exponirt war, sonst aber dieselben Verhältnisse darbot, befand sich eine Anzahl anderer Exemplare. Während die letzteren grünbraun gefärbte Tentakeln behielten, wurden die Tentakeln der anderen immer blasser und schließlich glashell.

Einige Wochen nachdem ich in den schlecht belichteten Ceriactis-Exemplaren keine gelben Zellen mehr nachzuweisen vermochte, begann

der eigentliche Versuch. In vier Gefäße wurde je eine Ceriactis gesetzt, und zwar zwei aus dem gut belichteten und zwei aus dem ungenügend belichteten Becken. Die Gefäße enthielten gut filtrirtes Wasser, das durchlüftet wurde. Die eine algenfreie Ceriactis (C) wurde stärker mit Luft versorgt, als die andere (D) und die beiden braunen Exemplare (A, B). Während an den letzteren auch nach viermonatlichem Aufenthalt in filtrirtem Wasser noch keine erhebliche Veränderung zu constatiren war, starb die eine algenfreie Ceriactis (C) schon nach drei, die andere (D) nach vier Wochen. Später starb dasjenige Exemplar, das kurz vor Beginn des Versuches noch mit Fischstücken gefüttert war, während sowohl das andere algenfreie Individuum (C) als die beiden algenführenden wochenlang vor Beginn des Experimentes ganz allein auf die kleinen Organismen, welche ihnen durch das circulirende Wasser zugeführt wurden, angewiesen waren. Die stärkere Luftzufuhr konnte bei der algenfreien Ceriactis (C), eben so wenig wie früher bei der entsprechenden Aiptasia, den Tod aufhalten. Dem Absterben ging auch, wie bei dem Hungertode der Aiptasien, ein allmählich immer stärker werdendes Zusammenschrumpfen des Körpers voraus.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die eingemietheten Algen ihre Wirththiere ernähren können. Früher hatte ich (72, p. 143) bereits festgestellt, dass grüne *Spongillen* bei Belichtung monatelang in filtrirtem Wasser prächtig gedeihen und dass auch *Hydra viridis* fünf Wochen und länger in belichtetem filtrirtem Wasser zu leben vermag. Außerdem hat L. v. Graff (88, p. 77 Anm.) constatirt, dass grüne Exemplare von *Vortex viridis* im Dunkeln nach sieben Tagen farblos werden und nach 18 Tagen sämmtlich zu Grunde gehen, dass dagegen im Lichte gehaltene *Convoluten* 4—5 Wochen lang hungern können.

2. Die Art und Weise der Ernährung der Thiere seitens der in ihnen lebenden Algen.

Nachdem ich festgestellt hatte, dass die gelben Zellen ihre Thierwirthe ernähren können, suchte ich die Art und Weise zu ermitteln, wie dies geschehe. In dieser Hinsicht galt es festzustellen, ob die gelben Zellen als solche dem Thiere zur Nahrung dienen können oder ob vielleicht von den gelben Zellen im Überfluss producirte Stoffe von den Thieren weiter verarbeitet und verwerthet werden. Im ersteren Falle würden die gelben Zellen selbst verdaut werden, im letzteren aber am Leben bleiben. A priori hat die letztere Anschauung

mehr Wahrscheinlichkeit für sich als die erstere; denn wenn überhaupt gelbe Zellen im thierischen Protoplasma zu leben vermögen, so werden sie, so lange die Bedingungen unverändert bleiben, ewig leben. Sie vergrößern sich und nehmen durch häufige Theilung an Zahl zu. Schließlich müssen sie zu einer solchen Menge anwachsen, dass das Thier sie nicht mehr beherbergen kann. Eine Aiptasia, die zunächst wenige gelbe Zellen enthielt und ganz hellbraun erschien, wurde — auch bei Ausschluss einer Einwanderung neuer gelber Zellen von außen — durch fortgesetzte Zunahme der gelben Zellen schließlich dunkelbraun, weil die Entodermzellen sich immer mehr mit Zooxanthellen füllten. Endlich waren alle Entodermzellen mit Algen vollgepfropft. Es fragte sich nun, wo blieben die gelben Zellen, die bei weiterer Zunahme der Gesammtmasse dieser Algen schließlich nicht mehr von den Algen zu beherbergen waren. Entweder konnten sie in andere Gewebe einwandern oder die Actinie verdaute fortwährend einen Theil der gelben Zellen, so dass die Gesammtmenge nicht das Maximum überschreiten konnte, oder endlich alle überflüssigen Zooxanthellen wurden ausgeworfen, resp. wanderten aus. Die Untersuchung der verschiedensten algenführenden Actinien ergab zunächst, dass die Verbreitung der Algen stets auf das Entoderm beschränkt bleibt. Ferner konnte constatirt werden, dass alle in filtrirtem Wasser gehaltenen und zugleich belichteten Actinien mit gelben Zellen lebende und sich weiter entwickelnde Algen auswarfen. Endlich konnte ich mich nie bei Radiolarien (incl. Acanthometriden), bei Actinien und Velellen von dem Vorhandensein solcher Zooxanthellen, die sichtliche Spuren der Verdauung an sich trugen, überzeugen (s. o., p. 237). Daraus glaube ich folgern zu dürfen, dass im Allgemeinen die Phytozoen den Überschuss an Algen nicht durch Verdauung sich zu Nutze machen, sondern einfach auswerfen. Eine erhebliche Änderung des Verhältnisses zwischen Thier und Algen, die allein dazu führen kann, dass die Algen ganz oder theilweise vom Thier verdaut werden, kann, wie ich glaube, nur dann eintreten, wenn das Thier sich an dunkle Orte oder überhaupt in Verhältnisse begiebt, in denen die Algen nicht weiter leben können. In solchen Fällen allerdings müssen die Algen nach und nach absterben und könnten dann vielleicht den verdauenden Einflüssen des umgebenden thierischen Protoplasma nicht länger widerstehen. Nach meinen bisherigen Erfahrungen über das Verhalten dunkel gehaltener Phytozoen (Aiptasia, Anthea) scheint es zwar, als ob die abgestorbenen oder im Absterben begriffenen Algen vom Thiere unverdaut ausgestoßen würden, doch ist es ja immerhin möglich, dass in anderen Fällen unter

sonst gleichen Bedingungen die Algen ganz oder theilweise verdaut werden. Es ist auch denkbar, dass die Algen nur in einem Zustande innerhalb der Thiere zu leben vermögen, dass sie aber in anderen Entwicklungsstadien von dem thierischen Protoplasma, in welchem sie sich befinden, verdaut werden können.

Géza Entz (67 und 81) hat in neuerer Zeit sehr interessante Mittheilungen über das Verdautwerden grüner Algen in Infusorien gemacht. Nach seinen Untersuchungen können sich die Algen nur dann als Pseudochlorophyllkörper im Ectoplasma von Infusorien einnisten, wenn sie der Gefahr, im Entoplasma verdaut zu werden, glücklich entronnen waren. Enthält das Ectoplasma mehr Algen, als es beherbergen kann, so werden die Pseudochlorophyllkörper in das Entoplasma gedrängt und hier verdaut. Außerdem überzeugte er sich bei Hydra viridis, »dass die Pseudochlorophyllkörperchen verdaut werden: jene dunkelbraunen und schwärzlichen Körnchen, welche schon von Kleinenberg in den Entodermzellen der Hydra viridis beobachtet wurden, sind eben nichts Anderes, als die unverdaubaren Reste der verdauten Pseudochlorophyllkörperchen«[1]. Entz hebt ausdrücklich hervor, dass die algenführenden Infusorien »entweder omnivor sind, oder aber sich hauptsächlich oder ausschließlich von einzelligen Algen und Flagellaten ernähren«. Im letzteren Falle ist es gewiss weniger auffallend, dass die Algen verdaut werden, als dass sie im Ectoplasma weiter leben. Dagegen ist die von Entz constatirte Thatsache, dass auch die fleischfressende Hydra ihre Pseudochlorophyllkörper verdaut, schwer mit meinen Beobachtungen an Actinien vereinbar. Vielleicht geben weitere Untersuchungen die wünschenswerthe Aufklärung.

Wenn gleich die Möglichkeit zugegeben werden muss, dass unter gewissen Verhältnissen und in bestimmten Zuständen die Algenmietherinnen vollständig vom Thier verdaut werden und so zu seiner Ernährung beitragen können, so ist doch dieser Fall bei vielen Thieren, z. B. Actinien und Radiolarien, nicht zutreffend. Im Allgemeinen werden die Thiere auf eine andere Weise von den in ihnen lebenden Algen ernährt werden, nämlich dadurch, dass sie die Assimilationsproducte, welche die Algen im Überschuss bei Belichtung liefern, sich nutzbar machen. Der Nachweis für diese, zunächst gewiss nicht unwahrscheinliche Annahme ließe sich dadurch beibringen, dass man Assimilationsproducte

[1] Durch diese Angabe wird die Auffassung der grünen Körper als eingemiethete Algen sehr erheblich gestützt. Dass ein Thier seine eigenen Chlorophyllkörper verdauen sollte, ist im höchsten Grade unwahrscheinlich.

der Algen auch im Thierplasma auffindet. Wenn man ohne vorhergegangene Belichtung nie, andererseits aber nach starker Belichtung stets freie Körner von gelben Zellen im Thierplasma nachweisen kann, so ist damit auch entschieden, dass gewisse, von den Algenmietherinnen erzeugte Stoffe den Thieren zu Gute kommen.

Von vorn herein erschien es allerdings nicht sehr wahrscheinlich, dass man wenig oder gar nicht veränderte feste Körner der gelben Zellen außerhalb derselben fände. Da sich ja fast bei allen Zooxanthellen eine deutliche bläschenförmige Membran nachweisen ließ, so musste man eher erwarten, die Abkömmlinge der gelben Zellen in flüssiger Form im Thiere zu finden. Der mikrochemische Nachweis flüssiger Stoffe hat aber meist sehr große Schwierigkeiten; außerdem wäre es nicht ganz leicht gewesen, zu zeigen, dass diese verflüssigten Substanzen Abkömmlinge der Assimilationsproducte von gelben Zellen seien. Jedenfalls galt es zunächst festzustellen, wie sich belichtete und dunkel gehaltene gelbe Zellen unterscheiden. Substanzen, die in ersteren fehlen, in letzteren dagegen vorkommen, konnte man ungezwungen als Assimilationsproducte auffassen.

Von zwei *Antheen*, welche längere Zeit in diffusem Tageslichte unter denselben Verhältnissen gelebt hatten, wurden die gelben Zellen auf ihr Verhalten gegen polarisirtes Licht und reines Jod untersucht. Bei beiden Exemplaren erwiesen sich die gelben Zellen im Wesentlichen übereinstimmend, sowohl bezüglich der Färbbarkeit gegen reines Jod, als auch in Bezug auf Menge und Größe der doppelbrechenden Körner. Darauf wurde das eine Exemplar für 24 Stunden vom Lichte vollkommen abgeschlossen, das andere dagegen drei Stunden lang der Einwirkung directen Sonnenlichtes ausgesetzt. Bei dem letzteren Exemplar wurde dafür gesorgt, dass die Temperatur während der dreistündigen Belichtung nicht höher als 27° stieg (s. u., p. 281). Nach Ablauf der 3, resp. 24 Stunden wurden die Zooxanthellen beider Exemplare möglichst schnell untersucht. Die gelben Zellen der stark belichteten Anthea unterschieden sich sehr erheblich von den vorher untersuchten Proben desselben Exemplares. Die Zahl der doppelbrechenden Körner hatte bedeutend zugenommen, und außerdem färbten sich die hohlen Stärkekörner rascher und intensiver mit reinem Jod als vorher. Umgekehrt hatte sich bei den gelben Zellen der dunkel gehaltenen Anthea die Zahl der doppelbrechenden Körner, so wie die Färbbarkeit der hohlen Stärkekörner bei Jodbehandlung verringert

Der Versuch wurde bei Anthea noch dreimal, stets mit demselben Erfolge, wiederholt. Immer war die Anzahl der doppelbrechenden

Körnchen sehr viel größer nach directer Belichtung (Fig. 101—103), als nach indirecter Belichtung (Fig. 98—100) oder gar Lichtabschluss. Eben so steigerte sich mit der Belichtung die Färbbarkeit der hohlen Stärkekörner mit Jod sehr erheblich. In den gelben Zellen der intensiv belichteten Antheen wurde aber nicht allein die Wand des hohlen Kornes stärker gefärbt als in denjenigen der mäßig oder gar nicht belichteten Antheen, sondern es färbte sich auch die centrale Vacuole, die sonst ungefärbt bleibt. Mir schien es übrigens auch, als ob bei Belichtung die Wand des Stärkekornes an Dicke zunähme, und als ob man weniger selten als sonst volle Stärkekugeln antreffe; doch ist das schwer mit voller Sicherheit zu entscheiden.

Ferner wurden auch von anderen Phytozoen die gelben Zellen vor und nach intensiver Belichtung untersucht, so bei *Aiptasia* (Fig. 104, 106), *Ceriactis*, *Cassiopeia*, *Velella* und verschiedenen *Radiolarien*. Bei den gelben Zellen der Velellen (Fig. 109) und Radiolarien ist der Erfolg der Belichtung um so auffallender, als die feinen doppelbrechenden Körnchen, welche schon nach halb- bis einstündiger intensiver Belichtung in großer Anzahl in der Nähe der Membran vorhanden sind, nur ganz vereinzelt vorkommen oder sogar gänzlich fehlen, so lange die Thiere in mäßigem diffusem Lichte gehalten werden.

In fast sämmtlichen bisher untersuchten Fällen konnte mit Bestimmtheit festgestellt werden, dass die gelben Zellen zwei verschiedene Assimilationsproducte enthalten: die hohlen Stärkekörner und die doppelbrechenden feinen Körnchen. Meine Bemühungen, das eine oder das andere dieser beiden Assimilationsproducte auch außerhalb der gelben Zellen, im Körper des Wirththieres, aufzufinden, sind nicht ohne Erfolg geblieben. Allerdings sind die Untersuchungen hierüber noch nicht abgeschlossen; doch zeigen schon die bis jetzt erreichten Resultate, dass unzweifelhafte Assimilationsproducte von gelben Zellen auch frei im Thiere vorkommen.

1) Bei Acanthometriden, namentlich *Acanthometra tetracopa*, fand ich häufig frei im Protoplasma unverletzter Thiere die charakteristischen hohlen Stärkekörner, die sich, eben so wie die in gelben Zellen befindlichen, mit Jod violett färbten. Da jeder Druck auf das Thier vollständig vermieden war, so kann nicht davon die Rede sein, dass die Hohlkugeln erst bei der Untersuchung aus den Zellen herausgequetscht sind. Dagegen kann man einwenden, dass jedes freie Stärkekorn den Überrest einer verdauten gelben Zelle darstellt. Ich habe zwar nie etwas wahrgenommen, was dafür spräche, dass gelbe Zellen von Acanthometriden verdaut werden; damit lässt sich aber der Einwand nicht genügend

beseitigen. Der Verdacht, dass es sich in diesem Falle um Theile von verdauten Algen handelt, wird wesentlich vermehrt durch einige Beobachtungen von G. ENTZ an chlorophyllführenden Infusorien (81, p. 457): »Die verhältnismäßig großen Chlorophyllkörperchen des *Stentor igneus* enthalten gewöhnlich eine größere Anzahl ganz ähnlicher weinrother oder amethystfarbiger Körnchen, wie sie in manchen Algen, z. B. in den Cosmarien, vorkommen. Dieselben Körnchen kommen auch massenhaft frei im Ectoplasma des Stentor igneus vor; da nun Chlorophyllkörperchen, welche mit den genannten Körnchen ganz erfüllt sind, massenhaft im Zerfallen anzutreffen sind, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die amethystfarbigen Körnchen, welche dem Stentor igneus die eigenthümliche Färbung verleihen, sich in den Chlorophyllkörperchen bilden.«

2) Wenn es auch bezüglich der Stärkehohlkugeln, die ich frei in den Acanthometren antraf, noch zweifelhaft ist, ob sie aus lebenden gelben Zellen in das Thierplasma übergegangen sind, so ist doch bei einer anderen, ähnlichen Beobachtung jeder Einwand ausgeschlossen. Bei *Collozoen* fand ich nach Jodbehandlung zu wiederholten Malen zahlreiche kleine Stärkekörnchen im Protoplasma des Thieres. Da sie besonders häufig auf der äußeren Oberfläche der gelben Zellen und in der Nähe vollkommen intacter gelber Zellen vorkommen, und da sie außerdem in Form, Größe und Mangel der Doppelbrechung ganz mit den innerhalb der gelben Zellen nach Belichtung vorhandenen kleinen Stärkekörnchen übereinstimmen, so darf man sie wohl als frei gewordene Assimilationsproducte der gelben Zellen ansprechen. Bei verschiedenen algenführenden *Acanthometren* konnte ich ebenfalls solche mit Jod färbbaren Körnchen auffinden und zwar hauptsächlich in der Nähe der gelben Zellen selbst. Dagegen ließen sie sich nicht nachweisen in Acanthometren, welche gar keine gelben Zellen enthielten. Endlich habe ich auch bei *Collozoum* und *Sphaerozoum* wiederholt nach Jodbehandlung große, mehr blassviolette Flecke in der extracapsulären Sarkode bemerkt, welche wohl halbverdaute Stärke darstellen.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass die Assimilationsproducte der lebenden gelben Zellen den Thieren theilweise zu Gute kommen. Die Algen können auf diese Weise ihre Thierwirthe ernähren und entsprechen somit in ihrer Function den Chlorophyllkörpern der Pflanzen. Vielleicht werden die Algen desswegen im Thiere stärker assimiliren, weil ihnen weit mehr Kohlensäure zur Verfügung steht, als außerhalb derselben, im freien Wasser.

3) Dass Stärke auch in der Sarkode von Schwämmen vorkommt, habe ich oben (p. 228) bei Gelegenheit des Vorkommens von Algen bereits angeführt. CARTER (12, 20) und KELLER (42) haben sie in verschiedenen Schwämmen entdeckt, ohne jedoch auf das Vorhandensein oder Fehlen von Algen Rücksicht zu nehmen. CARTER[1] fasst seine Resultate über das Vorkommen von Stärke in Spongien in folgendem Satze zusammen: »Starch, impalpable, diffuse, or amorphous, and in the common potato form of grains, although much more compressed, is common in Spongilla and probably in sponges generally.« Einige Jahre später machte KELLER noch genauere Angaben über das Vorkommen von Stärke. Er constatirte, dass manche Schwammzellen von Spongilla etc. eine große, farblose Vacuole enthalten, deren flüssiger Inhalt bei Jodbehandlung entweder farblos bleibt oder sich blau bis violett färbt. Die Vacuole war oft so groß, dass das Zellprotoplasma mit dem Kern und den grünen Körpern nur einen dünnen Überzug bildete. Wenn die blau gefärbten Zellen mit Kalilauge behandelt wurden, entfärbten sie sich und schwollen oft um das acht- oder zehnfache ihres ursprünglichen Volumens an. Wurde das Kali durch Säuren neutralisirt und hierauf wieder Jod zugesetzt, so erfolgte aufs Neue eine Bläuung. Der Vacuoleninhalt war nicht doppelbrechend und löst sich nicht in kaltem Wasser oder in Alkohol. Hieraus schließt KELLER, dass Amylum in gelöster Form in den Schwammzellen vorhanden ist, und dass das Lösungsmittel in der Zelle erst vorbereitet wird, bevor Stärke darin auftritt. »Physiologisch betrachtet, hätten wir also in der gelösten Stärke einen Reservestoff, der sich zeitweise in großer Menge bildet, um zu anderen Zeiten im Organismus verbraucht zu werden.« Dass bei dieser Bildung von Stärke möglicherweise die grünen Körper eine Rolle spielen, erwähnt er nicht. LANKESTER (73) hat KELLER's Entdeckung von freier Stärke in den Spongillazellen bestätigt. Er fand außer den großen, mit stärkeartiger Substanz erfüllten Vacuolen auch kleine Amylumkörner. Ferner beobachtete er, dass der Vacuoleninhalt sich bei Behandlung mit Carmin intensiv färbt und schließt daraus auf das Vorhandensein einer albuminoiden Substanz. Über die Herkunft der Stärke scheint sich LANKESTER keine klare Ansicht gebildet zu haben, wenigstens sagt er einmal, die Stärke der Spongien stehe in keiner Abhängigkeit von den sogenannten Chlorophyllkörpern und erklärt wenige Seiten später das Gegentheil für wahrscheinlich. Einmal sagt er (73. p. 242): »It is of importance to notice that neither granules nor vacuoles

[1] Ann. Mag. Nat. Hist. 4. S. Vol. 16. 1875. p. 38.

of amyloid substance appeared to have any relation to the chlorophyll-corpuscles«, — und später (73, p. 246): »I have been driven to the conclusion, that the activity of the chlorophyll-corpuscles in these animals in sunlight gives rise to a body similar to that which arises under the same conditions in plants, but that in place of being deposited in the corpuscle as starch-grains, it is rapidly diffused and chemically changed in the surrounding protoplasm of the cell. In Spongilla, under certain circumstances, it is deposited as amyloid substance (after diffusion) in the large vacuoles described above.«

Um die Angaben über das Vorhandensein von Stärke in Schwämmen zu prüfen, behandelte ich drei von KELLER untersuchte Spongien, die Herr Dr. VOSMAER in Alkohol conservirt hatte und mir für diesen Zweck freundlichst zur Verfügung stellte, zunächst mit Wasser, um die Gewebe wieder vom Alkohol zu befreien, und dann mit starker Jodlösung. Während bei Suberites flavus nur Braunfärbung eintrat und sich gar keine blau gefärbten Körner oder Kugeln erkennen ließen, fand ich bei Suberites massa und bei Geodia gigas sowohl feine Körnchen als auch große Kugeln (bis 0,02 mm Durchmesser), die violett oder intensiv blau gefärbt waren. Salzsäure veränderte die Färbung gar nicht, verdünnte Kalilauge dagegen beseitigte sie.

Nach den mitgetheilten Beobachtungen erscheint es kaum noch zweifelhaft, dass die Algen durch Lieferung von Stärke zur Ernährung ihrer Wirththiere beitragen.

3. Sauerstoffproduction der Phytozoen.

Dass eine lebhafte Gasentwicklung bei belichteten Phytozoen eben so gut wie bei Wasserpflanzen stattfinde, hatte bereits HOGG (2) bei *Spongilla*[1] festgestellt. GEDDES (43) hat dann in neuerer Zeit bei der grünen *Convoluta Schultzii* den wichtigen Nachweis geliefert, dass das bei directer Belichtung ausgeschiedene Gasgemenge viel Sauerstoff (45 bis 55 %) enthalte. Er hat zuerst bei einem thierischen Organismus die Entwicklung von Sauerstoff erkannt. Da aber schon längst durch MAX SCHULTZE (3) das Vorkommen von echtem Chlorophyll bei Turbellarien und anderen Thieren sicher gestellt, und auch später durch SORBY (33) und Andere auf spectroskopischem Wege echtes Chlorophyll in Thieren nachgewiesen war, so hatte das Ergebnis der Untersuchung von GEDDES

[1] S. o. pag. 225.

nichts Überraschendes. Aus dem Resultat konnte man nur den Schluss ziehen, dass das Chlorophyll in Thieren, eben so wie in Pflanzen, bei Lichtzutritt assimilirt, und das konnte man von lebendem echtem Chlorophyll kaum anders erwarten. Übrigens war auch nicht völlig unbekannt, dass eine Assimilation stattfinde, denn man kennt seit langer Zeit Stärke in chlorophyllführenden Thieren. Bei der großen Wichtigkeit, welche der Nachweis von echtem Chlorophyll in Thieren besitzt, war aber jede einzelne Thatsache, welche weitere Aufklärung darüber brachte, von großer Bedeutung.

Im Juli 1881 erschien dann eine Arbeit von TH. W. ENGELMANN (63), in welcher der Verfasser ein höchst scharfsinniges Mittel zum Nachweis kleinster Sauerstoffmengen empfiehlt. Die Bacterien haben ein großes Sauerstoffbedürfnis und sammeln sich immer an den sauerstoffreichsten Stellen eines Wassertropfens an. Bringt man Diatomeen, Euglenen oder Fadenalgen in einen Tropfen Bacterienflüssigkeit und deckt das Deckglas darauf, so sammeln sich alsbald lebhaft schwärmende Bacterien in der Nähe der Algen an. Verdunkelt man das Gesichtsfeld, so stellen die Bacterien die Bewegungen ein und zerstreuen sich. Lässt man wieder Licht einfallen, so sammeln sie sich unter Vornahme sehr lebhafter Bewegungen wieder bei den Diatomeen an. Mit Hilfe seines neuen Verfahrens stellte ENGELMANN unter Anderem fest, dass auch chlorophyllhaltige Thiere, wie *Paramecium bursaria* und *Hydra viridis* im Lichte sehr energisch Sauerstoff entwickeln: dass dagegen farblose Organismen (Amöben etc.), so wie chlorophyllfreie thierische Zellen keinen Sauerstoff abscheiden. Außerdem zeigte er, dass, besonders bei Hydra viridis, völlig isolirte »Chlorophyllkörper« noch lange fortfahren, im Lichte Sauerstoff auszuhauchen.

Dieses Verfahren eignet sich, wie auch VON GRAFF in seiner Monographie hervorhebt, besser als irgend ein anderes zur Untersuchung über die Sauerstoffproduction der in Thieren befindlichen und der isolirten Algen. Mit seiner Bacterienmethode hat uns ENGELMANN ferner ein ausgezeichnetes Mittel verschafft, rasch und sicher zu entscheiden, ob ein in Thieren vorkommender grüner, blaugrüner, rother oder brauner Farbstoff aus Chlorophyll besteht oder nicht, ob er thierischer oder pflanzlicher Natur ist.

GEDDES (68, 76) hat ferner im Januar 1882 Veröffentlichungen über Sauerstoffproduction seitens solcher Thiere, die gelbe Zellen enthalten, gemacht. Das Gasgemenge, welches folgende Organismen bei greller Belichtung während einiger Stunden entwickelten, nahm einen Raum

von etwa 2—5 ccm ein und enthielt gewisse Mengen von Sauerstoff, und zwar bei:

Ceriactis	21 %	Thiere mit gelben Zellen,
Velella	21—24 %	
Gorgonia	24 %	
Anthea cereus	32—38 %	
Diatomeen	42 %	Algen.
Haliseris	45 %	
Ulva	70 %	

Aus diesen Zahlen geht zweierlei hervor, erstens, dass die Algen selbst mehr Sauerstoff entwickeln als algenführende Thiere, und zweitens, dass Anthea cereus mit gelben Zellen mehr Sauerstoff ausscheidet als die drei übrigen untersuchten Phytozoen. Den ersten Unterschied erklärt GEDDES dadurch, dass die Differenz beim Passiren des Thierkörpers verbraucht und dem Thierwirth zu Gute gekommen ist; die andere Differenz daraus, dass Anthea verhältnismäßig viel mehr gelbe Zellen enthalte als Velella, Gorgonia und Ceriactis. Ob GEDDES zu der ersteren Folgerung berechtigt ist, wird nachher untersucht werden (s. u. p. 278).

Außerdem giebt noch LANKESTER (73, p. 238) an, dass es J. E. BLOMFIELD gelungen sei, bei *Hydra viridis* das bei Belichtung ausgeschiedene Gas aufzufangen und in demselben 33,3 % Sauerstoff nachzuweisen.

Vor kurzer Zeit hat endlich noch TH. W. ENGELMANN (87, p. 240) interessante Experimente gemacht über das Verhalten von verschiedenen algenführenden Ciliaten in sehr sauerstoffreichem oder sehr sauerstoffarmem Wasser, bei Lichtzutritt und bei Lichtabschluss. »Bei normalem oder etwas höherem Sauerstoffgehalt des Wassers sind die Thierchen meist sehr ruhig. Lange Zeit, oft minutenlang, bleiben sie auf derselben Stelle stehen. Sie reagiren dann durchaus nicht auf Licht.« Sinkt die Sauerstoffspannung nur wenig unter die Norm, so werden sie unruhig und suchen an Stellen zu gelangen, wo sie mehr Sauerstoff finden. Eben so wie Sauerstoffmangel beunruhigt andererseits auch bedeutende Erhöhung der Sauerstoffspannung die Paramäcien in sehr auffälliger Weise. Während sie im letzteren Falle das Licht fliehen, suchen sie es bei zu geringem Sauerstoffgehalt des Wassers auf.

Um die Sauerstoffproduction auch bei sehr kleinen Thieren mit gelben Zellen, z. B. Acanthometriden, bei denen an ein Auffangen des Gases nicht zu denken ist, so wie bei isolirten gelben Zellen

nachzuweisen, bediente ich mich der Bacterien-Methode ENGELMANN's. Ein Wassertropfen, welcher einige Exemplare von *Acanthometra elastica*, zahllose Fäulnisbacterien und Infusorien enthielt, wurde mit Deckglas bedeckt und mit Vaseline eingeschlossen. Als das Präparat belichtet wurde, sammelten sich binnen kurzer Zeit die Bacterien und Infusorien in der Nähe der einzelnen Acanthometren an und nahmen erheblich an Beweglichkeit zu. Wurde dann der Zutritt des Lichtes fast gänzlich verhindert, so kamen die Bewegungen alsbald zur Ruhe, um bei Wiederkehr des Lichtes von Neuem zu beginnen. Bei Lichtabschluss vertheilten sich die Bacterien im Tropfen, bei Lichtzutritt sammelten sie sich stets wieder bei den Acanthometren an, und zwar am stärksten an den Stellen, wo die gelben Zellen lagen. Mit *Acanthometra tetracopa* wurde derselbe Versuch angestellt. Das Resultat war dasselbe, ob man Exemplare nahm, die nur große unregelmäßige gelbe Zellen (Fig. 71) enthielten, oder die spindelförmigen (Labyrinthula-?) Zellen, oder endlich sehr kleine gelbe Körner (Pigmentkörner der Autoren). Dagegen fanden nie Ansammlungen von schwärmenden Bacterien statt im Umkreise von solchen Acanthometriden, die ganz farblos waren und der gelben Zellen gänzlich entbehrten.

Mit Hilfe des ENGELMANN'schen Verfahrens konnte außerdem Sauerstoffproduction bei Collozoen und bei isolirten gelben Zellen von verschiedenen Radiolarien und Anthozoen nachgewiesen werden.

Außer diesen directen Beweisen der Sauerstoffentwicklung chlorophyllführender Thiere giebt es auch einen indirecten, welcher bei lebenszähen Actinien stets sicher zum Ziele führt. Setzt man eine Anzahl von *Antheen* in Gläser, die mit Wasser gefüllt und dann verschlossen und zugekittet werden, so werden nur in denjenigen Gläsern die Antheen einige Zeit am Leben bleiben, welche gut belichtet werden, während sie in dunkel gehaltenen schon nach wenigen Tagen den Erstickungstod sterben. Einige Vorversuche zeigten, dass bei solchen Experimenten verschiedene Vorsichtsmaßregeln zu beobachten sind, wenn man ein zuverlässiges Resultat erhalten will. Das zu verwendende Wasser muss sorgfältig filtrirt sein; denn bleiben einige Algen darin, so ist das belichtete Thier dem unbelichteten gegenüber im Vortheil. Ferner sind die Actinien, welche man für Erstickungsversuche verwenden will, einer längeren Fastenzeit zu unterwerfen, am besten durch mehrwöchentlichen Aufenthalt in filtrirtem Wasser. Verabsäumt man diese Vorsicht, so geben leicht die während des eigentlichen Versuches ausgeworfenen Speisereste zum Verderben des Wassers Anlass. In solchem

Falle stirbt das belichtete Exemplar zuweilen früher als das unbelichtete. Außerdem gelingt der Versuch nur bei intensiver Belichtung. Bei mäßigem diffusem Tageslichte dagegen verhalten sich die in verschlossenen Gefäßen lebenden Antheen fast eben so wie bei vollständigem Lichtabschluss. Die Versuche wurden in der hellsten Jahreszeit, in den Monaten Juni und Juli auf der Südloggia der Zoologischen Station vorgenommen. Die Einwirkung directen Sonnenlichtes fand während des vierten oder fünften Theiles der 24 Tagesstunden statt. Die Wärmewirkung wurde nach Möglichkeit verhindert. Die Temperatur stieg nie über 28° C. und sank nie unter 22°. Unter solchen Umständen lebten Antheen in belichteten Gefäßen 6—7mal 24 Stunden, in dunkel gehaltenen Gefäßen höchstens 3mal 24 Stunden. Bei den sehr viel kleineren *Aiptasien* trat der Erstickungstod in dunkel gehaltenen Gefäßen nach 10 Tagen, in gut belichteten aber erst nach 5—6 Wochen ein.

Die Gefäße fassten 400 ccm Wasser und wurden stets fast bis zum Glasstöpsel gefüllt. Dass Aiptasia später als Anthea stirbt, ist nicht auffallend, da ja in sämmtlichen Versuchen die Thiere auf den gleichen Raum beschränkt waren, Aiptasia aber eine sehr viel geringere Körpermasse besitzt als Anthea. In allen Fällen konnten die Thiere nur so lange leben, bis der Sauerstoff in dem abgeschlossenen Raume verbraucht war. Die absorbirte Luft von 400 ccm Meerwasser enthält bei 20° C. ungefähr 2 ccm Sauerstoff. Die dunkel gehaltenen Antheen und Aiptasien waren ganz allein auf diese geringe Menge Sauerstoff angewiesen, irgend welche Zufuhr von Sauerstoff fand nicht weiter statt, da die Glasstöpsel sorgfältig mit Asphaltlack zugekittet waren. Dagegen verbrauchten die belichteten Antheen und Aiptasien nur bei Nacht und bei unzureichendem Tageslichte von dem ihnen zur Verfügung stehenden Sauerstoff und ersetzten während der directen Belichtung einen Theil desselben in Folge der Assimilationsthätigkeit ihrer Zooxanthellen. Man wird die Stärke der Sauerstoffproduction der gelben Zellen von Anthea auf Grund dieser Versuche — natürlich nur ganz ungefähr — abschätzen können. Wenn eine Anthea im Dunkeln nach drei Tagen zu Grunde geht, weil sie die 2 ccm Sauerstoff, welche ihr zur Verfügung standen, verbraucht hat, wenn dagegen eine eben solche Anthea bei natürlicher Belichtung erst nach sechs Tagen stirbt, so wird sie in der doppelten Zeit auch die doppelte Menge von Sauerstoff zur Verfügung gehabt haben. Die gelben Zellen werden also an jedem der sechs Tage etwa 0.66 ccm Sauerstoff producirt haben[1].

[1] Nach den Angaben von GEDDES (76, p. 383) lässt sich die in »einigen Stunden« erhaltene Menge Sauerstoff auf etwa 1 ccm berechnen.

GEDDES hat bereits eine zum Theil ähnliche Beobachtung gemacht. Er giebt (76, p. 387) an, dass Anthea in abgestandenem Wasser bei Belichtung ohne sichtbares Missbehagen zu leben vermag, während der Nacht aber stirbt, wenn man sie in dem Wasser lässt. Meines Erachtens zeigt diese Beobachtung eben so wie meine Erstickungsversuche nur, dass Sauerstoff von den algenführenden Thieren producirt wird, und dass sie unter ganz absonderlichen Bedingungen, die aber an den Aufenthaltsorten der betreffenden Thiere nie vorkommen, davon einen gewissen Nutzen haben können. Unter natürlichen Verhältnissen wird die Anthea sehr wenig davon haben, dass sie, so lange grelles Sonnenlicht sie bescheint, auch in schlechtem Wasser zu leben vermag. Ist das Wasser erst so weit verdorben, dass das Thier auf die Sauerstoffproduction seiner Algen angewiesen ist, so muss es nach Aufhören derselben, also beim Eintritt der Nacht, um so sicherer sterben. Diese kurze Galgenfrist von wenigen Stunden kann ihm im Kampfe ums Dasein nur wenig nützen.

Es ist unrichtig, wenn GEDDES behauptet, dass die algenführenden Thiere besser als die verwandten algenfreien Species in schlechtem Wasser zu leben vermögen. Von den im Allgemeinen äußerst zählebigen Actinien vermögen *Bunodes* und *Actinia mesembryanthemum* den Aufenthalt in schlechtem Wasser stets sehr viel besser zu ertragen, als *Aiptasia* und selbst *Ceriactis* und *Anthea*, obwohl gerade jene gar keine gelben Zellen besitzen, während die letzteren ganz vollgepfropft davon sind. Wenn man in einem großen Becken zahlreiche Actinien verschiedener Species zusammenhält, so stirbt stets *Anthea cereus* var. *plumosa* (die nach GEDDES am meisten gelbe Zellen von allen Actinien enthält) zuerst und schon bei ganz geringer Verunreinigung des Wassers, dann folgt *Aiptasia diaphana*, darauf *Anthea cereus* var. *smaragdina* (in der nach GEDDES nur sehr wenige gelbe Zellen vorhanden sein sollen). *Bunodes* dagegen und besonders *Actinia mesembryanthemum* sind durch Ausfaulen des Wassers kaum zu tödten. Den Versuch habe ich mehrmals und stets mit dem gleichen Erfolge bei einer großen Anzahl von Exemplaren angestellt. *Echinocardium* besitzt zwar eine außerordentliche Menge von gelben Zellen, trotzdem kann es nur in gut circulirendem Wasser leben. In einem Glase mit reinem Meerwasser überlebt es nie die zweite Nacht, wenn man nicht durch gute Circulation dafür sorgt, dass die von dem Echinocardium ausgestoßenen Fäces bald entfernt werden.

Radiolarien und viele andere pelagische Thiere sind in hohem Grade empfindlich gegen beginnende Fäulnis — ganz gleich, ob sie

Algen enthalten oder nicht. Geddes hat Recht, wenn er sagt, dass *Velellaknospen* 14 Tage und länger in reinem Meerwasser leben. Für die Bedeutung der Sauerstoffproduction seitens der in ihnen lebenden Algen beweist das aber gar nichts, denn in unreinem Wasser können sie nicht existiren. Außerdem lassen sich die Scyphistoma-Larven von *Cassiopeïa* unter denselben Verhältnissen monatelang züchten, obwohl die gelben Zellen erst nach Verlauf von mehreren Wochen in sie einwandern. Endlich kann man ausgewachsene *Velellen*, die doch außerordentlich viele gelbe Zellen enthalten, nie länger als 2—3 Tage halten.

Geddes' weitere Angabe, dass die algenführende *Cassiopeïa* wochenlang, die algenfreie *Pelagia* aber nur einen oder höchstens zwei Tage im Aquarium leben, entbehrt eben so, wie einige nachher anzuführende Angaben, genügend gesicherter factischer Unterlage. Zwischen der Lebenszähigkeit der beiden Quallen ist kein nennenswerther Unterschied vorhanden. Wenn aber selbst die von Geddes gemachte Behauptung richtig wäre, so könnte man doch daraus noch gar nichts über den Nutzen der gelben Zellen folgern. Pelagia steht der Cassiopeïa viel zu fern, als dass auf die verschiedene Lebenszähigkeit beider viel Gewicht gelegt werden dürfte. Besser wäre es, die mit Cassiopeïa nah verwandte *Rhizostoma* zum Vergleich heranzuziehen. Rhizostoma enthält zuweilen gelbe Zellen, aber so wenige, dass sie gar nicht in Betracht kommen gegenüber der erstaunlichen Anzahl von Zooxanthellen in Cassiopeïa. In vielen Exemplaren von Rhizostoma lässt sich aber auch nicht eine einzige gelbe Zelle nachweisen. Bringt man nun einige Rhizostomen, einige Cassiopeïen und einige Pelagien bei sonst gleichen Verhältnissen in große Becken, so leben sie im Allgemeinen nur bis zum 10. oder 14. Tage. Pelagia und Rhizostoma, die frei von gelben Zellen sind, zeigen dieselbe Zähigkeit wie die algenführende Cassiopeïa. Ja, Rhizostoma lebt in manchen Fällen auch wohl 4—6 Wochen, während sich Cassiopeïa bei meinen Versuchen nur bis zum Ende der dritten Woche hielt. — Auch bei Thieren mit grünen Algen, z. B. *Spongillen*, kann man sich leicht davon überzeugen, dass sie zu Grunde gehen, sobald die ersten Fäulnisprocesse in dem Wasser, in welchem sie leben, stattfinden.

Ist es auch nach den bisher mitgetheilten Thatsachen und auf Grund allgemeiner Betrachtungen wenig wahrscheinlich, dass die Thiere wirklichen Nutzen von dem in ihnen producirten Sauerstoff haben, so sind doch noch zwei weitere Argumente, die Geddes für diese Ansicht beibringt, zu prüfen. Einen »directen Beweis« für seine Ansicht sieht

GEDDES zunächst noch in den von ihm festgestellten Unterschieden der Sauerstoffmengen, welche sich in dem ausgeschiedenen Gasgemenge belichteter Phytozoen und belichteter Algen finden. Er fand (s. oben p. 274) in dem Gasgemenge gewisser Phytozoen wenig Sauerstoff, z. B. bei *Ceriactis* 21 % und bei *Anthea* 32—38 %; in den Gasgemengen freilebender Algen dagegen mehr: bei *Diatomeen* 42 % und bei *Ulva* 70 % Sauerstoff. Nehmen wir an, dass diese Zahlen richtig seien, so kann man doch keineswegs der Erklärung beistimmen, welche GEDDES für die Unterschiede dieser Zahlen giebt. Er glaubt durch diese Zahlen sicher nachgewiesen zu haben, dass den Thieren ein Theil des Sauerstoffs, den die Algen in ihnen producirt haben, zu Gute käme. Mit demselben Rechte könnte er aber auch behaupten, dass die Diatomeen mehr Sauerstoff verbrauchen als die Ulven; denn wenn eine Pflanze nur wenig Chlorophyll und viel farbloses Plasma besitzt, so wird (bei sonst gleichen Verhältnissen) die im Lichte entwickelte Sauerstoffmenge nicht so bedeutend sein wie bei einer Pflanze, die viel Chlorophyll und verhältnismäßig wenig farbloses Plasma besitzt. Ist aber im ersteren Falle die entwickelte Sauerstoffmenge geringer als im anderen, so hat man die Differenz in erster Linie durch die verschiedene Menge des zur Wirkung gekommenen Chlorophylls zu erklären und nicht durch die Annahme, dass die Differenz vom farblosen Protoplasma verbraucht ist. Die Gesammtmenge des Chlorophylls, welches Phytozoen in ihren Algen besitzen, ist stets geringer als die in reinen Algen. Es ist daher sehr natürlich, dass die Phytozoen weniger Sauerstoff ausscheiden als die Algen, eben so wie es nicht auffallend ist, dass Diatomeen weniger Sauerstoff produciren als Ulven.

Ferner befindet sich, wie nachher zu zeigen ist, GEDDES im Irrthum, wenn er meint, die Temperaturerhöhung bei seinen Versuchen ausgeschlossen zu haben. Ein beträchtlicher Theil des von ihm aufgefangenen Gasgemenges ist sicher weiter nichts als die Luft, welche im Meerwasser absorbirt war und durch die starke Temperaturerhöhung (oft um 10° C. oder mehr) ausgetrieben ist[1]. Controlversuche und Temperaturmessungen würden ihn unzweifelhaft darüber belehrt haben.

Es ist aber noch ein anderes Bedenken geltend zu machen, das den Zahlen von GEDDES vollends jede Beweiskraft raubt. Bei Beschreibung eines Versuches, welcher mit den von GEDDES angestellten im Wesentlichen übereinstimmt, sagt SACHS (Vorlesungen über Pflanzen-

---

[1] Die vom Meerwasser absorbirte Luft enthält bekanntlich sehr viel Sauerstoff (über 20 %).

Physiologie, Leipzig 1882, p. 359): Sammelt man in einem übergestülpten Rohr das Gas, welches eine Wasserpflanze im Lichte producirt, so zeigt sich, dass dasselbe sehr reich an Sauerstoff ist, dabei aber auch Kohlensäure und Stickstoff enthält. »Diese beiden Gase jedoch verdanken ihre Gegenwart eigentlich einer fehlerhaften Anstellung unseres Versuches; die von der Pflanze ausgeschiedenen Sauerstoffblasen nämlich steigen innerhalb des mit Stickstoff und Kohlensäure beladenen Wassers in das Sammelgefäß auf und nach allgemeinen Gesetzen der Gasdiffusion müssen sie während dieser Zeit aus dem Wasser Stickstoff und Kohlensäure aufnehmen.« — Bei dem einfachen Auffangen des von einer Pflanze oder einem Thier unter Wasser ausgeschiedenen Gases ist es also vollständig in die Hand des Beobachters gelegt, durch Anwendung verschieden großer Wassermengen kleine oder große Mengen von Sauerstoff bei Belichtung zu erhalten.

Geddes glaubt nun außerdem durch eine Beobachtung an *Anthea* zeigen zu können, dass den Phytozoen im Allgemeinen die Sauerstoffproduction der in ihnen lebenden Algen nützlich und angenehm sei. Er beobachtete, dass algenführende Antheen im Sonnenlichte ihre Tentakeln schwingen, »wie wenn sie angenehm angeregt würden von dem in ihren Geweben entwickelten Sauerstoff« (76, p. 386). Ist es auch an und für sich eine missliche Sache, einer Actinie nachempfinden zu wollen, so könnte man mit demselben Rechte das Gegentheil behaupten und die Bewegung der Tentakeln für Unlust und die Ruhe für Behagen deuten. Geddes würde sich vielleicht überzeugt haben, dass die Erregung weder eine Folge der Lichtwirkung ist, noch dass sie angenehmer Natur sei. Er behauptet allerdings ausdrücklich, jede ungebührliche Temperaturerhöhung vermieden zu haben, doch würde ihn die Anwendung eines Thermometers leicht von seinem Irrthum überzeugt haben. Die Ursache der lebhaften Bewegungen, welche Actinien bei directer Belichtung ausführen, besteht nicht in der Belichtung selbst, sondern in der damit verbundenen starken Erwärmung des Wassers. Die Versuche, welche ich in dieser Beziehung unternahm, sollten feststellen: 1) das Verhalten der Actinien in großen Becken bei geringer Temperaturerhöhung und intensiver Belichtung, 2) das Verhalten der Actinien in kleinen Gefäßen bei starker Temperaturerhöhung und intensiver Belichtung, und 3) das Verhalten der Actinien in kleinen Gefäßen bei starker Temperaturerhöhung und Ausschluss der Belichtung.

Um zunächst bei Anwendung directen Sonnenlichtes die Wärmewirkung möglichst auszuschließen, wurde folgendes Verfahren angewendet: Die Gefäße mit den zu beobachtenden Actinien wurden in ein

großes Becken gesetzt, das auf der Südloggia der Station von 10—3 Uhr dem Sonnenlicht beständig exponirt war. Trotzdem die Wassermenge sehr bedeutend war (50 l), so erwärmte sie sich doch während der Belichtungszeit von 22° auf 30—31°. Da auch diese Temperatursteigerung viel zu bedeutend ist, so wurde dafür Sorge getragen, dass beständig aus 2—3 Schläuchen kühles Wasser (22°) in das Becken hineinströmte. Auf diese Weise war es möglich, trotz stärkster Lichtwirkung, die Temperatursteigerung auf 4—5° C. zu beschränken. Wenn bei Beginn des Versuches, unmittelbar vor dem Eintritt der ersten Sonnenstrahlen, die Temperatur im Becken 22—23° betrug, so stieg im Laufe der nächsten Stunden (bis 2 Uhr) die Temperatur auf 26 oder 27°[1]. Wurden die einzelnen Gefäße nicht in das Becken gesetzt, sondern direct dem Sonnenlichte exponirt, so fand eine sehr schnelle und starke Temperaturzunahme statt. In Gläsern mit 250—300 ccm Inhalt erwärmte sich das Wasser in der ersten halben Stunde schon um 7—8° (von 22—29°), in der nächsten halben Stunde um weitere 3—4° und darauf allmählich bis 35 oder 36,5° C. Bei größeren Wassermengen (1 l) fand dieselbe Temperaturzunahme, nur etwas langsamer, statt (in der ersten halben Stunde 6°, in der folgenden 2,5—3° etc.). Bei Anwendung noch größerer Wassermengen (3,5 l) betrug die Temperaturzunahme in der ersten halben Stunde 4,5—5°, in der nächsten 2,5° etc. Die Maximaltemperatur von 35—36,5° trat in allen Fällen nach 1,5—3,5 Stunden ein, je nach der Größe der Wassermenge. Sehr große Quantitäten, wie z. B. die des Beckens (50 l), erwärmten sich nicht so weit. Wie bereits bemerkt, stieg die Temperatur im Becken während der fünfstündigen Belichtung bis auf 30 oder 31°, wenn nicht ununterbrochen viel kühles Wasser zuströmte.

Die Resultate der verschiedenen Erwärmungsversuche sind folgende:

1) Algenführende Actinien, welche aus diffusem Tageslicht in directes Sonnenlicht gebracht werden, zeigen keine Erregung, wenn man nur eine Temperaturerhöhung dabei ausschließt.

So lange im Becken die Temperatur nur um 2 oder 3° steigt, verhalten sich die *Antheen* im directen Sonnenlicht genau so, wie die in diffusem Tageslicht befindlichen, d. h. sie schwingen langsam ihre

---

[1] Die Temperatur von 27° ist noch keine unnatürlich hohe. Im August erreicht das Meerwasser an der Oberfläche des Golfes ebenfalls eine Temperatur von 27°.

Tentakeln hin und her und verändern nicht den Contractionszustand ihres Leibes.

Andere Actinien mit gelben Zellen verhalten sich eben so, z. B. *Aiptasia* und *Ceriactis*. Auch für algenfreie Exemplare von Anthea cereus, so wie für die stets algenfreien Arten *Cerianthus membranaceus* und *Sagartia parasitica* gilt dasselbe. Sie zeigen keine Erregung irgend welcher Art, wenn man sie aus diffusem Lichte in directes Sonnenlicht bringt.

Bei Ceriactis und bei Aiptasia konnte ich in einigen Fällen allerdings constatiren, dass sie sich rasch zusammenzogen, wenn man plötzlich stark belichtete. Erschütterungen, Erwärmung und andere Ursachen, die den Reiz hätten ausüben können, waren vollkommen ausgeschlossen. Da aber die Erscheinung eben so gut bei algenführenden wie bei vollkommen algenfreien Exemplaren dieser Arten vorkam, so haben die gelben Zellen sicher gar nichts dabei zu thun.

2) Bei allmählicher Erwärmung auf 35—36° werden, etwa vom 26.—27. Grade an, die Bewegungen sowohl der algenführenden als verschiedener algenfreier Actinien lebhafter, schließlich zuckend und peitschend. Es ist dabei vollkommen gleichgültig, ob die Temperaturerhöhung durch Einwirkung directen Sonnenlichtes stattfindet, oder ob sie unter möglichstem Lichtabschluss auf dem Wasserbade geschieht.

Wenn *Antheen* in grellem Sonnenlichte oder in diffusem Lichte oder endlich im Dunkeln (auf dem Wasserbade) von 22 oder 23° an ganz allmählich erwärmt werden, so bleiben bis 27 oder 28° die Schwingungen ihrer Tentakeln langsam. Dann aber werden die Bewegungen lebhafter und, bei weiterer Zunahme der Temperatur, immer schneller. Bei 31—32° steigert sich die Erregung der Antheen so sehr, dass sie ihre Tentakeln wie Peitschen heftig hin und her schlagen oder einige blitzschnell einziehen. Bei weiterer Temperaturzunahme werden, bei 33—34°, die Bewegungen der Tentakeln langsamer, der Körper wird schlaff und welk, die Sohle löst sich von der Gefäßwand los, der Schlund wird zuweilen krampfhaft ausgestülpt und der ganze Inhalt der verdauenden Höhle ausgeworfen. Entweder treten dabei unverdaute Nahrungsreste heraus oder Schleimfetzen, die durch zahllose gelbe Zellen braun gefärbt sind. Bei längerer Erwärmung auf 35—36° liegen die Thiere schlaff und bewegungslos am Boden, den Mund gewöhnlich nach unten gerichtet.

Bei schneller Erwärmung in kleinen, der directen Sonnenwirkung

ausgesetzten Gefäßen oder auf dem Wasserbade treten allerdings dieselben Erscheinungen auf wie bei ganz allmählicher Erwärmung, aber nicht immer bei derselben Temperatur und nicht genau in derselben Reihenfolge, z. B. nimmt die Lebhaftigkeit der Tentakelschwingungen bis 36⁰ zu. Trotz gewisser kleiner Abweichungen ist das Gesammtbild in allen Fällen ziemlich gleich. Vor allen Dingen ist es vollkommen gleichgültig, ob die Erwärmung mit Belichtung verbunden ist oder nicht.

Um dies noch augenfälliger zu beweisen, brachte ich Antheen, welche durch die Einwirkung directen Sonnenlichtes auf 30⁰ erwärmt waren, in einen Kasten, in den nur gerade so viel Licht hineinfiel, wie zur Beobachtung nöthig war und schloss jede weitere Erwärmung aus. Die Bewegungen der Tentakeln blieben fast zwei Stunden lang eben so lebhaft, wie sie bei Belichtung gewesen waren. Das Wasser, das während der ersten zwei Stunden nur auf 28⁰ abgekühlt war, hatte nach $2\frac{1}{2}$ Stunden nur noch 26,5⁰. Die Bewegungen der Tentakeln waren nun schon weniger lebhaft und nach drei Stunden (bei 25⁰) sanft schwingend, wie immer bei dieser Temperatur.

Setzt man mehrere Exemplare von *Ceriactis aurantiaca*, und zwar sowohl algenführende als auch vollkommen algenfreie, der Einwirkung directen Sonnenlichtes aus, so verhalten sie sich bei allmählicher Steigerung der Temperatur im Wesentlichen übereinstimmend. Die Erregung beginnt früher als bei Anthea, zuweilen schon bei 25⁰, und äußert sich mehr in Bewegungen des Körpers als der Tentakeln. Das Thier krümmt sich hin und her, dreht sich spiralig um sich selbst, zieht sich plötzlich vollkommen zusammen, um sich dann langsam wieder auszustrecken. Zuweilen löst es auch die Fußscheibe vom Gefäße los, dreht sich um und streckt, auf den Tentakeln ruhend, den Fuß hoch empor. Bringt man das Gefäß dann ins Dunkle, so macht das Aufhören der Lichtwirkung nicht den geringsten Eindruck; die Energie der Bewegungen wird durchaus nicht geschwächt. Bei weiterer Erwärmung auf 30—33⁰ steigert sich die Heftigkeit der Bewegungen immer mehr. Das Thier stülpt den Schlund weit heraus und entledigt sich aller Inhaltsbestandtheile seiner verdauenden Höhle.

Die *Aiptasien* (A. diaphana) reagiren nicht so lebhaft auf Wärmewirkung. Die Bewegung ihrer Tentakeln wird erst bei 30—33⁰ sehr lebhaft, doch niemals so heftig wie bei Anthea. Bei manchen Exemplaren findet eine eigenthümliche Art der Contraction statt, die ich bei Anthea und Ceriactis nicht beobachtet habe. Am Vordertheil des Leibes tritt eine schmale, ringförmige Einschnürung auf, die langsam bis zum

Fuße fortschreitet. So wie die eine Contractionswelle abgelaufen ist, tritt wieder eine neue am Vorderende auf etc.

3) Bei fortgesetzter directer Belichtung ohne Ausschluss der gleichzeitigen Erwärmung werden algenführende Antheen schließlich getödtet, doch nicht wegen der Lichtwirkung oder der starken Sauerstoffproduction seitens der Algen, sondern in Folge der Erwärmung.

Geddes (76, p. 386) hat beobachtet, dass *Actinien* ein »dunkles ungesundes Ansehen« bekommen, wenn sie einen ganzen Tag lang der Einwirkung directen Sonnenlichtes ausgesetzt gewesen sind. Ferner bemerkte er, dass *Radiolarien* in derselben Zeit vollkommen getödtet werden. Wie die übrigen von ihm beobachteten Erscheinungen erklärt er auch diese aus der Sauerstoffentwicklung der Algen. Er glaubt nämlich bewiesen zu haben, dass die Thiere zwar durch geringe Sauerstoffproduction angenehm erregt, durch starke und lange fortgesetzte dagegen getödtet würden. Daran knüpft er noch eine geistreiche Hypothese, auf welche nachher einzugehen ist.

Ich habe eine große Anzahl von Actinien, algenführenden sowohl als algenfreien, auf ihr Verhalten 1) bei langer Belichtung mit Ausschluss der Erwärmung und außerdem 2) bei allmählicher oder schneller Erwärmung bei Belichtung oder Lichtabschluss untersucht und gefunden, dass die Belichtung allein den algenführenden Thieren eben so wenig schädlich ist, wie den algenfreien, dass dagegen stets bei einer gewissen Temperatur der Tod eintritt, ob man die Erwärmung bei starker Lichtwirkung oder im Dunkeln vorgenommen hat. Es ist also weder eine angenehme noch eine todbringende Einwirkung des von den Algen entwickelten Sauerstoffes bei den Thieren nachzuweisen.

Erwärmt man Antheen auf 33—34° und lässt diese Temperatur einige Stunden einwirken, so werden sie allmählich immer welker und leben nicht wieder auf. Es ist dabei gleichgültig, ob man algenführende oder algenfreie Exemplare verwendet, und ob man die Erwärmung im Sonnenlichte vornimmt oder auf dem Wasserbade. Sagartia parasitica, die gar keine gelben Zellen enthält, stirbt noch früher. Aiptasien müssen gewöhnlich etwas stärker erwärmt werden, ehe sie sterben. Manche Exemplare von Aiptasia diaphana ertrugen sogar zweistündige Einwirkung von 35°. Etwas anders verhalten sich dieselben Actinien bei schneller Steigerung der Temperatur. Erwärmt man z. B. Anthea schnell (in $\frac{1}{2}$—1 Stunde) bis 36°, und lässt die Temperatur in den näch-

sten zwei Stunden allmählich auf 30° herabsinken, so erholen sich die Anfangs in heftigste Bewegung gerathenen, dann bei 36° wärmestarr gewordenen Antheen allmählich wieder und sind fünf Stunden nach Beginn des Versuches (bei 22 oder 23°) eben so schön wie vor dem Versuche.

Interessanterweise sterben die verschiedenen Actinien im Allgemeinen bei Erwärmung in derselben Reihenfolge, wie bei Verunreinigung des Wassers (s. oben p. 277) [1]. Die sehr empfindliche *Sagartia parasitica* stirbt von den untersuchten Actinien auch bei Erwärmung zuerst. Etwas widerstandsfähiger ist *Ceriactis aurantiaca*. Die beiden Varietäten von *Anthea cereus* zeigen denselben Unterschied in der Empfindlichkeit bei Erwärmung wie beim Verderben des Wassers, d. h. A. cer. var. plumosa ist weniger zählebig als A. cer. var. smaragdina. Bei der letzteren Varietät tritt auch die Wärmeerregung gewöhnlich etwas später ein als bei der ersteren. *Cerianthus membranaceus* stirbt etwa bei demselben Wärmegrade wie die beiden Anthea-Varietäten. *Aiptasia diaphana* kann gewöhnlich (die einzelnen Exemplare gerade dieser Art verhalten sich merkwürdig verschieden) mehr Hitze ertragen als die Antheen. Bei Weitem die größte Widerstandsfähigkeit besitzt aber *Actinia mesembryanthemum*, die auch beim Verderben des Wassers sich weit zählebiger als die übrigen Actinien erwiesen hat.

Alle algenführenden Actinien stimmten in ihrem Verhalten bei Erwärmung darin überein, dass sie zahlreiche gelbe Zellen auswarfen. Wenn Antheen oder Aiptasien längere Zeit auf 30°, oder für kürzere Zeit auf 35° erwärmt waren, so erschienen sie am Ende des Versuches stets blasser und weniger braun als vor der Erwärmung. In ihrer Umgebung fanden sich aber stets unregelmäßige braune Klumpen von Zooxanthellen oder Schleimfetzen, die durch zahllose gelbe Zellen bräunlich gefärbt waren. Die ausgeworfenen gelben Zellen waren stets noch vollkommen entwicklungsfähig und assimilirten bei weiterer Belichtung. Tödtet man Antheen oder Aiptasien dadurch, dass man sie einige Stunden auf 35° erwärmt, so bleiben ihre gelben Zellen doch am Leben. Auch in der zerfallenden Actinie leben sie noch weiter und gehen erst zu Grunde, wenn das Wasser durch das Verfaulen des Thieres stark verdorben ist. Man kann sie am Leben erhalten, wenn man die braunen Klumpen herausnimmt und in filtrirtem Wasser

---

[1] Anscheinend erfolgt der Hungertod der Actinien auch in der gleichen oder in sehr ähnlicher Reihenfolge. Natürlich darf man nur die algenfreien Exemplare der Antheen, Aiptasien etc. vergleichen mit den stets algenfreien Species Cerianthus und Actinia mesembryanthemum.

weiter züchtet. Längeres Erwärmen auf 35° schadet also den gelben Zellen nichts.

Geddes (76, p. 386) sucht endlich noch auf Grund seiner irrthümlichen Behauptung, dass Radiolarien und andere Phytozoen durch übermäßige Sauerstoffproduction getödtet werden können, eine Erklärung dafür zu geben, dass Radiolarien früh Morgens die Oberfläche des Meeres verlassen und in die Tiefe sinken. Nach seiner Meinung senken sich die Radiolarien in größere Tiefen, um zu schneller Sauerstoffproduction seitens ihrer gelben Zellen vorzubeugen. Zugleich sollten auch durch die in den gelben Zellen gebildeten Stärkemassen die Radiolarien an specifischem Gewicht zunehmen und in die Tiefe gezogen werden. Woher er die Ansicht hat, dass die Radiolarien sich Morgens früh in die Tiefe zurückziehen, sagt er nicht. Weder Joh. Müller, noch Haeckel, noch R. Hertwig geben irgend wo an, dass Radiolarien das Licht fliehen. Joh. Müller sagt im Gegentheil (11), dass sie in der Gegend von Nizza »bei ruhiger See zu jeder Zeit reichlich gefischt werden«. Haeckel's Beobachtungen über die Lebensweise der Radiolarien sind die genauesten und gründlichsten, welche bis jetzt über diesen Gegenstand vorliegen. Er sagt (15, p. 169): »Die meisten Radiolarien fängt man bei ganz ruhigem, klarem, nicht zu hellem und zu warmem Wetter, wenn der Meeresspiegel recht glatt und wellenlos und die Masse der pelagischen Thiere, die daselbst ihr Spiel treiben, nicht zu groß ist. Die große Empfindlichkeit gegen Wellenbewegung theilen die Radiolarien mit vielen anderen pelagischen Geschöpfen: ja sie scheinen dieselbe in erhöhtem Grade zu besitzen, da sie schon bei mäßigem Wellenschlage in die Tiefe sinken, wenn die größeren Thiere noch an der Oberfläche verweilen.« Außer jener kurzen Erwähnung des »hellen Wetters« findet sich in dem ganzen Abschnitt nicht eine Andeutung über den Einfluss des Lichtes auf die Vertheilung der Radiolarien. Eben so wenig konnte ich in den Arbeiten von R. Hertwig (35, 44) etwas finden, was Geddes zum Anhaltspunkt für seine Behauptung hätte nehmen können. Die Hauptfactoren für das Auf- und Niedersteigen der pelagischen Thiere, die Temperatur und die Bewegung des Wassers lässt er außer Acht.

Nach ausgedehnten eigenen Beobachtungen kann ich behaupten, dass sich Radiolarien[1] nahe der Wasseroberfläche finden, wenn das Wasser hinreichend kühl und wenig bewegt ist. Vom Herbst

---

[1] Es handelt sich hier zunächst nur um die makroskopischen Formen der Sphaerozoiden und Colliden.

bis zum Frühjahr kann man bei günstiger Windrichtung zu jeder Tages- und Nachtzeit zahllose Radiolarien im Golfe treffen. Vom September an findet man auch zur Mittagszeit und, wie Dr. C. CHUN mir bestätigen kann, bei grellstem Sonnenlicht Tausende von Collozoen an der Meeresoberfläche. Ich habe niemals bemerken können, dass die Radiolarien das Licht gemieden hätten. Dass sich im Hochsommer keine Collozoen finden, hat wohl in der starken Erwärmung des Wassers seinen Grund. Im August erreicht die Meeresoberfläche des Golfes, wie SEMMOLA[1] neuerdings gezeigt hat, eine Temperatur von 27,3°. Aber auch in dieser Jahreszeit wird das von GEDDES behauptete Phänomen kaum stattfinden, wenigstens konnte ich während mehrerer Nachtfahrten keine Collozoen finden. Die Abkühlung, welche das Meer während der Nacht erfährt, ist auch so gering[2], dass die Oberfläche den Collozoen noch zu warm sein würde.

Nach dem Erscheinen der Arbeit von GEDDES sind übrigens noch von zwei Autoren Angaben über das Vorkommen von Radiolarien gemacht worden. In seiner Publication »Über die pelagische Flora und Fauna« sagt TH. FUCHS (p. 4): »Selbst bei vollkommener Windstille und vollkommen ruhiger See findet man bei Tage die pelagische Fauna verhältnismäßig arm und im Wesentlichen nur aus Radiolarien, Quallen, Salpen und einigen kleinen Crustaceen zusammengesetzt.« MOSELEY (82, p. 560) drückt sich noch sehr viel bestimmter aus: »Certain pelagic animals, however, seem not to mind the sunlight. Radiolarians may be seen at the surface when it is calm, in the full glare of the sun, and so may Velellas and Janthinas; indeed these latter and some others cannot leave the surface. Some Ctenophora, especially *Eucharis*, according to CHUN, seem rather to like the sun.«

Übrigens habe ich mich nicht mit den Beobachtungen allein begnügt, sondern auch noch einige Experimente über das Verhalten der Radiolarien bei Belichtung, Erwärmung und Bewegung des Wassers angestellt. Dass Radiolarien gegen Erschütterungen sehr empfindlich sind, kann man leicht feststellen. Man braucht nur eine Anzahl von Collozoen in ein Gefäß mit Meerwasser zu bringen und frisches Wasser oder auch Luft zuzuleiten. Selbst wenn das Wasser tropfenweise

---

[1] SEMMOLA, Sulla Temperatura delle Acque del Golfo di Napoli al variar delle Stagioni. (Atti del R. Istituto d'Incorggiamento, 1. Vol. N. 9. 1881.)

[2] Nach SEMMOLA beträgt die Temperaturdifferenz 0,2 bis höchstens 1° C. (Sulla Variazione diurna di Temperatura delle Acque del Golfo di Napoli. 1882. Jan.)

zufließt oder die Luft in sehr kleinen Bläschen zugeführt wird, so wirken diese beständigen Erschütterungen doch so stark, dass die Radiolarien sich in einigen Stunden zu Boden senken. Bei äußerst geringen, aber stetigen Erschütterungen halten sie es auch wohl einen oder zwei Tage lang an der Oberfläche aus, doch niemals so lange wie Collozoen, welche gar nicht erschüttert werden, sonst aber unter genau denselben Bedingungen sich befinden.

In ähnlicher Weise wie Bewegung wirkt auch Erwärmung des Wassers als starker Reiz auf die Collozoen. Erwärmt man Radiolarien im Sonnenlichte oder auf dem Wasserbade langsam bis etwa 30°, so senken sie sich zu Boden, während nicht erwärmte Radiolarien bei sonst gleichen Bedingungen an der Oberfläche bleiben. Wenn man aber directes Sonnenlicht einwirken lässt, so erhält man gar keine Reaction, sobald man nur jede Erschütterung und Erwärmung des Wassers vermeidet. Man kann Collozoen stundenlang der Einwirkung grellsten Sonnenlichtes aussetzen, wenn man das Versuchsgefäß in stark strömendem Wasser fortwährend kühlt. Stärke bildet sich genug in ihnen, eben so findet eine reichliche Sauerstoffentwicklung statt, trotzdem zeigen sie weder eine Spur von Missbehagen, noch sinken sie unter.

Neapel, December 1882.

Litteraturverzeichnis[1].

1. 1824. **Bory de St. Vincent**, Encyclop. méthod. Zoologie (citirt von G. Johnston, A History of British Sponges. 1842. p. 146 Anm.).

2. 1840. **J. Hogg**, On the Action of Light upon the Colour of the River Sponge. — Mag. Nat. Hist. by Charlesworth. N. S. Vol. 4. p. 259.

3. 1851. **Max Schultze**, Beiträge zur Naturgeschichte der Turbellarien. Greifswald 1851. p. 16—19.

4. — **Ferd. Cohn**, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Infusorien. — Zeitschr. f. wiss. Zool. III. p. 264.

---

[1] Die Übersicht enthält die Arbeiten, welche die Kenntnis von den in Thieren lebenden Algen erweitert haben. Anspruch auf Vollständigkeit kann die Liste nicht machen. Außerdem war es nicht in allen Fällen möglich, die aufgezählten Schriften genau chronologisch zu ordnen.

5. 1851. **Th. H. Huxley**, Upon Thalassicolla, a new Zoophyte. Zoolog. Notes and Observat. made on board H. M. S. Rattlesnake. N. III. — Ann. Mag. Nat. 2. Ser. Vol. 8. p. 433—442.

6. 1852. **O. Schmidt**, Neue Rhabdocoelen aus dem nordischen u. adriatischen Meere. — Sitzb. math. nat. Cl. Akad. Wiss. Wien. Bd. 9. p. 490—507.

7. 1854. **C. Vogt**, Sur les Siphonophores de la Mer de Nice. — Mém. de l'Instit. Nat. Genevois. T. 1.

8. — **Max Schultze**, Bericht über einige im Herbst 1853 an der Küste des Mittelmeeres angestellte zootomische Untersuchungen. — Verh. phys.-med. Ges. Würzburg. Bd. 4. p. 222—224.

9. — **Max Schultze**, Über den Organismus der Polythalamien. Leipzig 1854. p. 26. 27.

10. 1855. **Will. Carpenter**, Researches on the Foraminifera. Part 1. 1855. p. 212. Pl. IV. Fig. 3, 11. — Philosophical Transactions.

11. 1859. **Joh. Müller**, Über die Thalassicollen, Polycystinen und Acanthometren des Mittelmeeres. — Physikal. Abh. Akad. Wiss. Berlin. 1858. p. 5. 6.

12. — **Carter**, On the Identity in Structure and Composition of the so-called Seed-like Body of Spongilla with the Winter-egg of the Bryozoa; and the presence of Starch-granules in each. — Ann. Mag. Nat. Hist. 3. Ser. Vol. III. p. 331. Taf 8.

13. — **N. Lieberkühn**, Neue Beiträge zur Anatomie der Spongien. — Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. p. 367 u. p. 518.

14. 1861. **Ed. Claparède**, Recherches anatomiques sur les Annélides, Turbellariés, Opalines et Gregarines observés dans les Hebrides. — Mém. Soc. Phys. Genève. T. 16. p. 59. Pl. 6. Fig. 6.

15. 1862. **E. Haeckel**, Die Radiolarien. Eine Monographie. Berlin 1862.

16. 1863. **N. Lieberkühn**, Über Bewegungserscheinungen bei den Schwämmen. — Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. p. 722.

17. 1864. **Welcker**, Abhdl. d. naturf. Ges. Halle. Bd. 9.

18. 1866. **Stuart**, Über Coscinosphaera ciliosa, eine neue Radiolarie. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 16. p. 330. Taf. 18.

19. 1867. **E. Selenka**, Über einige neue Schwämme aus der Südsee. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 17. p. 566.

20. 1869. **Carter**, Descriptive Account of four Subspherous Sponges Arabian and British, with General Observations. — Ann. Mag. Nat. Hist. 4. S. Bd. 4. p. 4, 7.

21. — **R. Greeff**, Verhdl. d. naturh. Ver. Rheinlande u. Westphalen und: Sitzb. niederrhein. Ges. f. Nat.- u. Heilkunde. Bonn 1869.

22. — **R. Greeff**, Über Radiolarien und Radiolarien-artige Rhizopoden des süßen Wassers, 1. Art. — Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5. p. 473.

23. 1870. **Noll**, Zoolog. Garten. Bd. 11. p. 173.

24. — **Archer**, Journ. micr. sc. 1870. p. 307 (cf. Leuckart's Berichte im Arch. f. Naturg. 38. Jahrg. 1872. II. p. 343).

25. — **A. Schneider**, Zur Kenntnis der Radiolarien. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 21. p. 505.

26. — **E. Haeckel**, Beiträge zur Plastidentheorie: 5. Amylum in den gelben Zellen der Radiolarien. — Jen. Zeitschr. Bd. 5. p. 519. (Separat in »Studien über Moneren«.)

27. 1871. **W. Dönitz**, Beobachtungen über Radiolarien. — Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. p. 74.
28. — **Carter**, Parasites of the Sponges. — Ann. Mag. Nat. Hist. 4. S. Vol. 8. p. 330.
29. — **Cienkowski**, Über Schwärmerbildung bei Radiolarien. — Arch. f. mikr. Anat. Bd. 7. p. 379.
30. 1872. **N. Kleinenberg**, Hydra. Eine anat.-entwickl. Untersuch. Leipzig 1872. p. 4, 38, 39.
31. 1874. **Ray Lankester**, The Mode of Occurrence of Chlorophyll in Spongilla. — Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 14. p. 400.
32. 1875. **R. Greeff**, Über Radiolarien und Radiolarien-artige Rhizopoden des süßen Wassers, 2. Art. — Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11. p. 5.
33. — **H. C. Sorby**, On the Chromatological Relations of Spongilla fluviatilis. — Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 15. p. 47—52.
34. 1876. **A. u. G. de Negri**, Berichte d. chem. Ges. Jahrg. 9. p. 84.
35. — **R. Hertwig**, Zur Histologie der Radiolarien. Leipzig 1876. p. 17—19.
36. — **E. Selenka**, Zur Entwicklung der Holothurien. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 27. p. 164. Taf. 9 u. 10.
37. 1877. **H. N. Moseley**, On the Colouring Matters of various Animals, especially of Deap-Sea. — Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 17. p. 1.
38. — **A. von Heider**, Sagartia troglodytes. Ein Beitrag zur Anatomie der Actinien. — Sitzb. k. Akad. Wiss. Wien. Bd. 75.
39. — **R. Hertwig**, Über Leptodiscus medusoides, eine neue den Noctilucen verwandte Flagellate. — Jen. Zeitschr. Bd. 11. p. 318.
40. 1878. **F. v. Stein**, Der Organismus der Flagellaten. 1. Hälfte. Leipzig 1878.
41. — **Carter**, Parasites of the Spongida. — Ann. Mag. Nat. Hist. 5. S. Vol. 2. p. 162.
42. — **C. Keller**, Über den Bau von Reniera semitubulosa. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 30. p. 572.
43. — **Patrik Geddes**, Sur la fonction de la chlorophylle avec les Planaires vertes. — Compt. rend. T. 87. p. 1005.
44. 1879. **R. Hertwig**, Der Organismus der Radiolarien. — Jen. Denkschr. II. 3. p. 129, 12, 27 u. s. w.
45. — **F. E. Schulze**, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Spongien. VI. Mitth. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 32. p. 147.
46. — **F. E. Schulze**, Untersuchungen etc. VIII. Mitth. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 33. p. 25.
47. — **Carter**, Contributions to our Knowledge of the Spongida. — Ann. Mag. Nat. Hist. 5. Ser. III. p. 344.
48. — **Oscar u. Richard Hertwig**, Die Actinien. — Studien zur Blättertheorie. Jena. p. 39—44.
49. — **Ray Lankester**, Chlorophyll in Turbellarian Worms and other Animals. — Quart. Journ. Micr. Sc. N. S. Vol. 19. p. 434—437.
50. — **H. N. Moseley**, Notes by a Naturalist on the »Challenger«. London, 1879. p. 293.
51. — **Jos. Leidy**, Fresh-Water Rhizopods of North-America. — Report U. S. Geolog. Survey of the Territories. Vol. XII. Washington.
52. 1880. **P. Geddes**, Sur la Chlorophylle animale et la fonction des Planaires vertes. — Arch. de Zool. expérim. et générale. T. 8 (1879—80). p. 51.

53. 1880. **C. Chun**, Die Ctenophoren des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. — Fauna u. Flora d. Golfes von Neapel. 1. Monogr. Leipzig 1880. p. 192 u. 242.

54. — **F. W. Krukenberg**, Über den Gaswechsel bei Fischen u. Wirbellosen. — Vergl.-physiol. Stud. I, 1. Heidelberg 1880. p. 167.

55. — **F. W. Krukenberg**, Über thierische Farbstoffe und deren physiologische Bedeutung. — Vergl.-physiol. Stud. I, 2. Heidelberg 1880. p. 65.

56. — **C. Semper**, Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. Leipzig 1880. I. p. 86—90, 108, 221, 294.

57. — **P. Geddes**, Observations sur la fluide périviscéral des oursins.— Arch. de Zool. expér. et gén. Vol. 8 (1879—80). p. 483. Pl. 38.

58. — **F. W. Krukenberg**, Vergl.-physiol. Beiträge zur Kenntnis der Respirationsvorgänge bei wirbellosen Thieren. — Vergl.-physiol. Stud. I, 3. Heidelberg 1880. p. 98 u. 111.

59. — **O. Bütschli**, Protozoa. — BRONN's Klassen u. Ordn. d. Thierreichs. Bd. 1. 2.—5. Lief. p. 102—105 (1880), 8. 9. Lief. p. 279—280 (1881).

60. — **Marshall**, Untersuchungen über Dysideiden u. Phoriospongien. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 35. p. 111.

61. 1881. **Otto Hamann**, Die Mundarme der Rhizostomeen und ihre Anhangsorgane. — Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. 15, N. F. Bd. 8. p. 19—21.

62. — **K. Brandt**, Untersuchungen an Radiolarien. — Monatsber. k. Akad. Wiss. Berlin 21. April 1881. p. 396—400.

63. — **Th. W. Engelmann**, Neue Methode der Untersuchung der Sauerstoffausscheidung pflanzlicher und thierischer Organismen. — Bot. Zeitg. Jahrg. 39. 15. Juli 1881.

64. — **F. W. Krukenberg**, Das Antheagrün. — Vergl.-physiol. Stud. I, 5. Heidelberg 1881. p. 38.

65. — **K. Brandt**, Über das Zusammenleben von Thieren u. Algen. — Verhdl. Physiol. Ges. Berlin 1881 11. Nov. p. 22. und: Sitzb. Ges. naturf. Fr. Berlin 1881 Nov.

66. — **A. v. Heider**, Die Gattung Cladocora Ehrbg. — Sitzb. k. Akad. Wiss. Wien. Bd. 84. 1881 Dec.

67. 1882. **Géza Entz**, Über die Natur der Chlorophyllkörperchen niederer Thiere. (Übersetzung einer ungarischen Publication vom Februar 1876.) — Biol. Centralbl. I. Nr. 21. p. 646. (20. Jan. 1882.)

68. — **P. Geddes**, Further researches on Animals containing Chlorophyll. — Nature. Vol. 25. Nr. 639 (26. Jan. 1882). p. 303—305.

69. — **P. Geddes**, Researches on Animals containing Chlorophyll. — Nature. Vol. 25. Nr. 642 (16. Febr. 1882). p. 361—362.

70. — **Perceval Wright**. (Anhang zum Artikel von GEDDES.) — Nature. Vol. 25. Nr. 642. p. 362.

71. — **B. V. Wittrock**, Föredrag vid Vetenskaps-Akademiens Högtidsdag. 31. Mars 1882. Stockholm.

72. — **K. Brandt**, Über die morphologische u. physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren. — Arch. f. Anat. u. Physiol., Abth. f. Physiologie. 1882 April. p. 125—151.

73. 1882. **Ray Lankester**, On the Chlorophyll-Corpuscles and Amyloid-Deposits of Spongilla and Hydra. — Quart. Journ. Micr. Sc. 1882. April. p. 229—254.

74. — **F. W. Krukenberg**, Über das Bonelleïn und seine Derivate. — Vergl.-physiol. Stud. II, 2. Heidelberg 1882. p. 70.

75. — **Otto Hamann**, Der Organismus der Hydroidpolypen. — Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. 15, N. F. 8. p. 13.

76. — **P. Geddes**, On the Nature and Functions of the »Yellow Cells« of Radiolarians and Coelenterates. — Proceed. Roy. Soc. Edinburgh 16. Jan. 1882. Mit Postscript vom 21. April. p. 377—396.

77. — **O. Bütschli**, Protozoa. — Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. 1. Lief. 10—13. 1882. p. 419, 420 u. p. 456—462.

78. — **J. Ryder**, Notes on the breeding, food and green color of the Oyster. — Bull. U. St. Fish Commission. 81. p. 410—415. Juli 1882.

79. — **Georg Klebs**, Über Symbiose ungleichartiger Organismen. — Biol. Centralbl. Bd. 2. Nr. 10—13. (Juli—Sept.)

80. — **C. F. Jickeli**, Über Hydra. — Zool. Anzeiger. 5. Jahrgang. Nr. 121. p. 491. (25. Sept.)

81. — **Géza Entz**, Das Consortialverhältnis von Algen und Thieren. — Biol. Centralbl. Bd. 2. Nr. 15. p. 451. (1. Oct.)

82. — **H. N. Moseley**, Pelagic Life. — Nature. Vol. 26. Nr. 675. p. 559—564. (5. Oct.)

83. — **F. W. Krukenberg**, Beiträge zur Kenntnis der Actinienfarbstoffe. — Vergl.-physiol. Stud. II, 3. p. 72.

84. — **O. Hamann**, Zur Entstehung und Entwicklung der grünen Zellen bei Hydra. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 37. 3. Heft. p. 457. (1. Nov.)

85. — **Th. W. Engelmann**, Über Licht- und Farbenperception niederster Organismen. — Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. 29. p. 387 (3. Nov.) und in: Onderzoekingen Physiol. Laborat. Utrecht. 3. R. Bd. 7. Aflev 2. p. 234.

86. — **Ray Lankester**, The Chlorophyll Corpuscles of Hydra. — Nature. Vol. 27. Nr. 682. p. 87. (23. Nov.)

88. — **L. v. Graff**, Monographie der Turbellarien. 1. Rhabdocoelida. Leipzig 1882. p. 75—77, 182, 226—234. Taf. 2. Fig. 12, 14.

Nachtrag.

1. Von einem in der vorstehenden Arbeit mitgetheilten Versuche an *Anthea cereus* (s. o. p. 262—264) konnte ich das Resultat noch nicht angeben, da die dunkel gehaltenen Exemplare beim Abschlusse der Arbeit noch am Leben waren, obwohl sie schon seit nahezu sieben Monaten fasteten. Die betreffenden beiden Exemplare von *Anthea cereus* var. *smaragdina* lebten noch weitere vier bezw. sechs Wochen (im Ganzen also 8—8 $^1/_2$ Monate) in gut filtrirtem, häufig erneuertem Wasser bei gänzlichem Lichtabschluss und ohne die geringste Nahrungszufuhr. Sie nahmen dabei bedeutend an Größe ab und starben schließlich unter ähnlichen Erscheinungen wie hungernde Aiptasien. Die belichteten Exemplare dagegen sind noch jetzt, bei Beginn des zehnten Monats, am Leben; doch haben auch sie an Größe abgenommen. Während des Versuches waren sowohl bei den belichteten als den unbelichteten Exemplaren die lebhaft violett gefärbten Tentakelspitzen immer blasser geworden und hatten nach 7—8 Monaten ihre Färbung gänzlich eingebüßt, so dass die Exemplare von *Anthea cereus* var. *smaragdina* denen von *Anthea cereus* var. *plumosa* vollständig glichen. Hiernach scheint es, als ob die Violettfärbung der Spitzen mit der Ernährung in Beziehung steht und nur bei animalischer Ernährungsweise vorhanden ist.

Die beiden unter 3 und 6 (p. 259 und 264) mitgetheilten Versuche sind fortgesetzt worden und haben Folgendes ergeben: Zwei belichtete Exemplare von *Ceriactis aurantiaca* leben noch im Anfange des siebenten Monats in filtrirtem Wasser, obwohl sie während der ganzen Zeit ausschließlich auf die Ernährung durch ihre Symbionten angewiesen waren. Von den fünf belichteten *Aiptasien* starben zwei im achten Monat, die drei anderen sind noch jetzt (Anfang des zehnten Monats) am Leben. Das eine dieser drei Exemplare ist klein und unzweifelhaft reducirt, die beiden anderen aber besitzen ziemlich dieselbe Größe wie frisch gefangene Aiptasien.

In neuester Zeit ist es mir auch gelungen, coloniebildende Radiolarien wochenlang in filtrirtem Wasser und bei genügendem Lichtzutritt am Leben zu erhalten. Zwei Exemplare von *Sphaerozoum punctatum* lebten 5 $^1/_2$ bezw. 6 Wochen in einem Glasgefäße, das bis zur Hälfte mit filtrirtem Seewasser gefüllt und dann gut verschlossen war. Um Erschütterungen zu vermeiden, wurde das Wasser nicht, wie bei den Versuchen mit Actinien, durchlüftet. Nach Ablauf der angegebenen Zeit

gingen die beiden Colonien nicht etwa zu Grunde, sondern zerfielen in normale Krystallschwärmer.

Sämmtliche Versuche, welche ich bisher mit algenführenden Thieren angestellt habe, zeigen übereinstimmend, dass die Phytozoen durch die Assimilationsthätigkeit ihrer eingemietheten Algen ernährt und vor dem Hungertode bewahrt werden können. Die allmähliche Verringerung der Körpermasse, welche ich bei Hydren, Antheen und Aiptasien beobachtete, wenn dieselben ausschließlich auf die Ernährung seitens ihrer Algen angewiesen waren, scheint aber darauf hinzuweisen, dass diese Thiere nicht dauernd auf jede Fleischnahrung verzichten können.

2. Es ist mir bisher noch nicht gelungen, zu entscheiden, ob der in Cilioflagellaten vorkommende diatominartige Farbstoff endogener oder parasitärer Natur ist. Aus den neueren Untersuchungen von Warming und besonders auch von Bergh[1] geht hervor, dass in membranführenden Cilioflagellaten niemals irgend welche der Verdauung unterworfene Fremdkörper, wohl aber meist ein diatominartiger und ein chlorophyllartiger Farbstoff vorkommen, vermöge deren sich die Cilioflagellaten in rein vegetabilischer Weise ernähren. Diejenigen Species, welche keinen chlorophylloiden Farbstoff enthalten, ernähren sich, wie Bergh (l. c.) sehr wahrscheinlich gemacht hat, in saprophytischer Weise. Dass der gelbe diatominartige Farbstoff ein chlorophylloider ist, geht schon zur Genüge aus dem von Bergh gelieferten Nachweise von Amylum, das in chlorophyllfreien Formen stets fehlt, hervor. Ich konnte außerdem bei *Ceratium* mit Hilfe des Engelmann-schen Bacterienverfahrens die Sauerstoffentwicklung feststellen.

Die grünen Körper der Ceratien sind wohl sicher »Pseudochlorophyllkörper«, denn sie kommen bei den verschiedenen Exemplaren in sehr verschiedener Menge vor und fehlen den Ceratien des Golfes von Neapel gänzlich. Für die endogene und gegen die parasitäre Natur des gelben Farbstoffes scheint die Angabe von Bergh, dass in gewissen Species von *Ceratium*, *Protoceratium*, *Peridinium* etc. stets Diatomin vorkommt, zu sprechen. Man braucht aber, um die geringe Beweiskräftigkeit dieses Grundes zu zeigen, nur an die Radiolarien zu erinnern, bei denen gelbe Zellen so regelmäßig vorkommen, dass man sie lange für einen integrirenden Bestandtheil des thierischen Organismus ansah, ja sogar aus ihrem Vorhandensein auf die Radiolariennatur eines

[1] R. S. Bergh, Der Organismus der Cilioflagellaten. Morphol. Jahrb. Bd. 7. 1881. p. 177—286.

zweifelhaften Organismus schließen zu können glaubte. Die endogene Natur der gelben Farbstoffmassen wird ganz besonders dadurch sehr zweifelhaft, dass nach den Angaben von Bergh einige Species von *Dinophysis*, *Protoperidinium* und *Peridinium* stets reichlich mit Diatomin versehen sind, andere Arten derselben Gattungen dagegen gar keinen assimilirenden Farbstoff besitzen. Der Verdacht, dass es sich hier um eingewanderte gelbe Zellen handelt, wird noch erheblich vermehrt durch die Thatsache, dass bei Ceratien des Golfes von Neapel (*C. tripos* und *C. fusus*) die Form und die Vertheilung der gelben Farbstoffkörper auffallend verschieden ist. Bisher konnte ich aber weder mit Sicherheit Kerne in den einzelnen Farbstoffmassen nachweisen, noch gelangen mir die Versuche, die Farbstoffmassen nach dem Absterben der Ceratien weiter zu cultiviren. Ich muss daher leider die Frage nach der Natur der gelben Farbstoffmassen von Cilioflagellaten offen lassen.

Sollten sich bei weiterer Untersuchung die gelben Körper als gelbe Zellen erweisen, so würden die Cilioflagellaten ein besonders schönes Beispiel für die innige Beziehung zwischen Algen und Thieren liefern. Wenn es aber gelänge zu beweisen, dass die gelben Farbstoffkörper von Ceratien etc. selbst erzeugt sind, so würden die bereits vorliegenden Gründe für die Algennatur der Cilioflagellaten noch einen erheblichen Zuwachs erfahren. Vorläufig sprechen schon die chemische Beschaffenheit und der Bau der Membran sehr dafür, dass die gepanzerten Cilioflagellaten den Algen näher stehen, als den echten Infusorien. Warming und Bergh (l. c.) haben gezeigt, dass die Membran aus Cellulose besteht. Ich kann bestätigen, dass der Panzer von Ceratien bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure violett oder blau gefärbt wird. Es ist aber noch nicht festgestellt, ob die Cellulose als primäre Ausscheidung der Protoplasmaoberfläche auftritt oder ob sie secundär in eine bereits vorhandene Membran aus irgend einer anderen Substanz eingelagert wird. Nur im ersteren Falle würde das Vorhandensein einer Celluloseschale gegen die thierische Natur der Cilioflagellaten sprechen. Die Membran der Cilioflagellaten zeigt aber außerdem noch eine überraschende Ähnlichkeit mit den Schalen von Diatomeen. Sie besteht nämlich wie bei diesen aus zwei schachtelförmig über einander greifenden Hälften. Die Membran der Cilioflagellaten unterscheidet sich allerdings von den Schalen der Diatomeen dadurch, dass die beiden Hälften mehr oder weniger ungleich und mit einem gemeinsamen Ausschnitt (Mundspalte) versehen sind, und dass die Trennungslinie der beiden Schalenhälften nicht geradlinig, sondern spiralförmig ist. Das schachtelförmige Übereinandergreifen, das ich durch

vorsichtiges Zerdrücken von *Ceratium tripos* mit voller Bestimmtheit constatiren konnte, erscheint mir aber diesen geringfügigen Unterschieden gegenüber so schwerwiegend, dass ich eine nähere Beziehung der gepanzerten Cilioflagellaten zu den Algen für wahrscheinlich halten möchte. Die Ähnlichkeit mit Diatomeen wird noch vermehrt durch die Neigung der Cilioflagellaten, sich zu linearen Ketten an einander zu reihen. MURRAY [1] und POUCHET [2] haben kürzlich bereits auf diese Kettenbildung aufmerksam gemacht und constatirt, dass die Individuen der Ketten weder Geißel noch Wimpern besitzen. Nach POUCHET kommt die Kettenbildung dadurch zu Stande, dass das aborale, hintere Horn abbricht und am linken Rande der ventralen Depression des folgenden Individuum und zwar am Ende der Querfurche befestigt wird. Ich kann hinzufügen, dass die vordere, mit zwei Hörnern versehene Schalenhälfte an der von POUCHET angegebenen Stelle einen Ring besitzt, der durch leistenförmige, an den Rändern ringförmig zusammenschließende Verdickungen der ventralen und der dorsalen Schalenseite gebildet wird. Dieser Ring ist gerade weit genug, um das Hinterhorn eines anderen Individuum aufzunehmen.

3. Im Vorstehenden theilte ich (p. 232) mit, dass man in Vertretern der Familie der Desmacidoniden bisher nur Stärke, nicht aber Algen gefunden habe. Dabei hob ich jedoch hervor, dass man aus den bisher vorliegenden, meist beiläufig gemachten Mittheilungen anderer Forscher keineswegs etwa schließen dürfe, dass die in *Myxilla* nachgewiesene Stärke von dem Schwamme selbst producirt sei. Neuere Untersuchungen an Myxillen haben ergeben, dass das Vorkommen von Stärke in diesen Schwämmen durch das gleichzeitige Vorhandensein violetter bis rothbrauner Algen sehr einfach erklärt wird. In einer bisher noch nicht beschriebenen Art von *Myxilla*, welche mir Herr Dr. VOSMAER zur näheren Untersuchung überließ, fanden sich in der Rindenschicht, dicht unter der Oberfläche, violette Algen, bei welchen sich mittels der ENGELMANN'schen Bacterienmethode die Ausscheidung von Sauerstoff und damit die Gegenwart eines chlorophylloiden Farbstoffes nachweisen ließ. Die blassviolette, durch die Algen bedingte Färbung fand sich nur an denjenigen Stellen der sonst grauen Schwammoberfläche, welche am meisten dem Lichte ausgesetzt waren. Ein Exemplar, das aus 15 m

[1] JOHN MURRAY, Exploration of the Faroe Channel. — Proc. Roy. Soc. Edinburgh 1881—82. p. 18.

[2] POUCHET, Sur l'évolution des Péridiniens etc. Compt. rend. T. 95. 1882. p. 794.

Tiefe heraufbefördert war, enthielt sehr viel mehr Algen als ein anderes aus 35 m Tiefe. Die Algen sind kuglig, besitzen einen Durchmesser von 0.02—0,023 mm und sind bräunlichroth bis violett gefärbt. Der Farbstoff findet sich vorwiegend unter der sehr deutlichen Zellmembran. Der ganze Inhalt erscheint fein granulirt und enthält oft zahlreiche Vacuolen. Die von F. E. Schulze (46) in *Hircinia variabilis* gefundenen violettbraunen Algen sind vielleicht mehr denen von *Myxilla* ähnlich, als den echten Zooxanthellen, welche ich in *Hircinia variabilis* gefunden habe. Möglicherweise war ich also im Unrecht, wenn ich oben (p. 223) die von mir in *Hircinia* gefundenen gelbbraunen Algen für übereinstimmend mit den violettbraunen kugligen Körpern, welche Schulze in denselben Schwämmen beobachtet hat, ansah.

4. In einer russischen Abhandlung über niedere Organismen aus dem weißen Meere [1] bildet Cienkowski in Figur 36 und 37 einen Flagellaten-artigen Organismus ab, welcher im Wesentlichen mit den oben erwähnten Schwärmzuständen von gelben Zellen (s. o. p. 241; Fig. 19, 20) übereinstimmt. Die Einkerbung und das Vorhandensein zweier Geißeln am vorderen Ende des ovalen Körpers, so wie der Besitz gelbbraunen Farbstoffes und hohler Stärkekörner (welche Cienkowski als Scheiben mit wulstigen Rändern beschreibt) machen die von dem russischen Forscher im schwarzen und im weißen Meere häufig beobachteten Flagellaten den von mir im Golfe von Neapel gefundenen Formen sehr ähnlich. Cienkowski stellt diesen Organismus unter dem Namen *Exuviaella marina* Cnk. zu den Flagellaten, erwähnt die häufig vorkommenden Häutungsprocesse, bringt jedoch seine *Exuviaella* nicht mit den gelben Zellen in Beziehung. — Weitere Untersuchungen werden zu zeigen haben, ob die Exuviaellen und Zooxanthellen nicht vielleicht Schwärmzustände von bereits bekannten Algen darstellen, was man bei ihrer außerordentlichen Häufigkeit fast erwarten sollte, oder ob sie mit Woronin's *Chromophyton* zusammen eine besondere Gruppe von Flagellaten neben den braunen Algen bilden. Wie mir Herr Dr. G. Berthold freundlichst mittheilte, ist das Letztere in so fern wahrscheinlicher, als bei den Zoosporen der Melanophyceen die beiden Geißeln ausnahmslos seitlich inserirt sind und eine ungleiche Länge besitzen.

---

[1] Cienkowski, Bericht über die Excursion nach dem weißen Meere 1880. — Arbeiten Petersb. Naturf. Ges. Bd. 12. 1881. (Russ.)

5. In Betreff des Vorkommens von gelbgrünen, braunen und rothen Algen in Thieren kann ich die in neuester Zeit besonders von BERTHOLD[1] und ENGELMANN[2] mitgetheilten Forschungsergebnisse über die Vertheilung der Algen vollkommen bestätigen. BERTHOLD zeigte, dass in der Nähe der Meeresoberfläche vorwiegend grüne und blaugrüne Arten, in einiger Tiefe besonders gelbe und braune Algen, in größeren Tiefen ausschließlich rothe Formen vorkommen. ENGELMANN ist der Ansicht, dass diese Erscheinung nicht allein in der Verminderung der Intensität, sondern auch in der Veränderung der Qualität des Lichtes ihren Grund hat. Seine Versuche haben ergeben, dass für die Assimilation von grünen Zellen rothe Strahlen das Meiste leisten, während bei roth gefärbten Zellen die grünen Strahlen weitaus am energischsten assimilatorisch wirken. Da nun das Wasser schon in mäßig dicker Schicht grün bis blaugrün erscheint, so haben in einiger Tiefe die grünen und blaugrünen Strahlen eine relativ größere Energie als im ursprünglichen Lichte. Die rothen Zellen, die gerade im Grün und Blaugrün verhältnismäßig am stärksten assimiliren, können daher auch in größere Tiefen vordringen, als die gelben und braunen, und diese in größere als die grünen Zellen, welche vorzugsweise auf die rothen Strahlen angewiesen sind. Meine Beobachtungen an den in Thieren vorkommenden Algen stehen damit durchaus in Einklang. Gelbgrüne und rein gelbe Zooxanthellen finden sich ausschließlich in Thieren der Meeresoberfläche, z. B. in Radiolarien, Siphonophoren, Rhizostomen, Globigerinen, — braune Zooxanthellen in Thieren, die in geringer Tiefe leben, Actinien etc. — und endlich rothe Algen in Schwämmen, die sich in verhältnismäßig bedeutenden Tiefen (*Myxilla* 15—35 m) finden.

Neapel, 3. März 1883.

---

[1] G. BERTHOLD, Über die Vertheilung der Algen im Golfe von Neapel. — Mitth. Zool. Stat. Neapel. Bd. III. 1881. p. 414 u. ff.

[2] TH. W. ENGELMANN, Farbe und Assimilation. — Onderzoek. Physiol. Laborat. Utrecht. (3.) 7. Bd. 1882. p. 227.

Inhaltsübersicht.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 19 und 20.

Alle Figuren sind 1000fach vergrößert dargestellt (außer Fig. 46—49, 90—93). — Die gelben Zellen sind immer so wiedergegeben, wie sie bei Einstellung auf die Äquatorialebene dem Beobachter erscheinen.

Fig. 1—13. Gelbe Zellen von Anthea cereus.

Fig. 1. Nach dem Leben.

Fig. 2. Durch zweistündige Behandlung mit Alkohol fast vollständig entfärbt.

Fig. 3. Nach Entfärbung durch Alkohol mit Jodjodkalium behandelt und schließlich durch Wasser (mit etwas Essigsäure) wieder möglichst vom Jod befreit. Nur das Stärkekorn violett gefärbt.

Fig. 4—6. Nach dreistündiger Behandlung mit Alkohol und einstündiger Einwirkung von Essigsäure (1 %).

Fig. 7. Eine gelbe Zelle, welche zunächst wie die vorigen drei behandelt wurde und dann $\frac{1}{2}$ Stunde in Jodjodkalium lag. Stärkekorn deutlich violett gefärbt.

Fig. 8, 9, 10. Gelbe Zelle nach 7 stünd. Behandlung mit $\frac{1}{2}$%iger Kalilauge. Der Farbstoff ist sehr wenig verändert. In vielen Fällen ist das gefärbte Plasma ausgetreten und in der zusammengefalteten Membran nur das Stärkekorn und die anderen Körner zurückgeblieben (Fig. 10).

Fig. 11. Isolirte hohle Stärkekörner.

Fig. 12. Isolirte Stärkekörner nach Behandlung mit Jodjodkalium. Die Anthea, deren gelbe Zellen zur Untersuchung verwendet wurden, war nicht besonders belichtet worden.

Fig. 13. Isolirte Stärkekörner nach Behandlung mit Jodjodkalium. Die Anthea war vor der Untersuchung drei Stunden lang dem directen Sonnenlichte exponirt.

Fig. 14—19. Gelbe Zellen von Aiptasia diaphana.

Fig. 14, 15. Drei Monate nach der Isolation aus Aiptasia. Membran stark vergallertet. Fig. 15: Abgeworfene Hülle neben der gelben Zelle.

Fig. 16—19. Isolirte gelbe Zellen nach dem Leben. In Fig. 19 hat die gelbe Zelle die Form einer Schwärmspore von Phaeosporeen (?).

Fig. 20. Schwärmspore einer Phaeosporee (?). Sehr ähnlich der in Fig. 19 dargestellten gelben Zelle von Aiptasia.

Fig. 21—23. Gelbe Zellen von Cladocora caespitosa.

Fig. 21. Intact.

Fig. 22. Zerquetscht.

Fig. 23. Isolirte Stärkekörner.

Fig. 24—26. Gelbe Zellen von Cassiopeia borbonica.

Fig. 24, 25. Nach dem Leben.

Fig. 26. Zerquetscht.

Fig. 27. Gelbe Zelle von Heliactis bellis, zerquetscht.

Fig. 28, 29. Gelbe Zellen von Anthea cereus nach Behandlung mit Chromsäure (½ %), Magdala und Alkohol. Balsampräparat. Zellkern.

Fig. 30, 31. Gelbe Zellen von Ceriactis aurantiaca. Das hohle Stärkekorn war nicht zu erkennen. Balsampräparate. Zellkern.

Fig. 30. Nach Behandlung mit Chromsäure, Magdala, Alkohol.
Fig. 31. Nach Behandlung mit Chromsäure, Alkohol, Kleinenberg's alkohol. Hämatoxylinlösung, Alkohol.

Fig. 32—34. Gelbe Zellen von Velella, nach dem Leben.

Fig. 32, 33. Die gewöhnlich in Velella vorkommenden gelben Zellen.
Fig. 34. Zwei ganz verschiedene Arten von gelben Zellen aus einer Velella.

Fig. 35. Gelbe Zellen von Vorticella n. sp. (auf Aglaophenia), nach dem Leben.

Fig. 36, 37. Gelbe Zellen von Globigerina echinoides, nach dem Leben.

Fig. 38—41. Amöboide gelbe Zellen von Paralcyonium elegans.

Fig. 38—40. Nach dem Leben.
Fig. 41. Mit Alkohol entfärbt und dann mit Jodjodkalium behandelt.

Fig. 42—45. Gelbe Zellen von Hircinia variabilis.

Fig. 42, 43. Nach dem Leben.
Fig. 44. Mit Alkohol entfärbt.
Fig. 45. Isolirtes Stärkekorn.

Fig. 46, 47. Extracapsuläre Sarkode von Thalassicolla nucleata mit undurchsichtigen Pigmentkörnern und gelben Zellen. Vergr. 300.

Fig. 48, 49. Vorticella n. sp. (auf Aglaophenia) mit gelben Zellen. Peristom immer mehr oder weniger eingezogen. Vergr. 400.

Fig. 50—57. Gelbe Zellen von Sphaerozoiden.

Fig. 50. 51. Gelbe Zellen von Collozoum inerme, nach dem Leben.
Fig. 52. Isolirte Stärkekörner derselben gelben Zellen.
Fig. 53, 54. Gelbe Zellen von Sphaerozoum neapolitanum, nach dem Leben.
Fig. 55, 56. Dieselben nach 1 stündiger Behandlung mit Alkohol.
Fig. 57. Gelbe Zellen von Sphaer. neap. nach Behandlung mit Alkohol und Färbung mit Magdala. Zellkern.

Fig. 58, 59. Gelbe Zellen von Myxobrachia rhopalum (= Thalassicolla sanguinolenta). Balsampräparat. Zellkern. Nach Behandlung mit Chromsäure, Alkohol, Kleinenberg's Hämatoxylin, Alkohol.

Fig. 60, 61. Gelbe Zellen frei im Meerwasser (Auftrieb) lebend.

Fig. 62—73. Gelbe Zellen von Acanthometriden.

Fig. 62—64. Gelbe Zellen von Acanth. elastica.
Fig. 65. Gelbe Zellen von Amphilonche belenoides.
Fig. 66—69. Zum Theil spindelförmige gelbe Zellen von Ac. tetracopa.
Fig. 70. Gelbe Zellen von Acanth. elastica nach Behandlung mit Osmium, Beale's Carmin und Alkohol. Balsampräparat. Zellkern.

Fig. 71. Gelbe Zellen von Acanth. tetracopa.
Fig. 72. Stärkekörner, die in dieser gelben Zelle nach Behandlung mit verdünntem Ammoniak sichtbar wurden und sich mit Jodjodkalium färbten.
Fig. 73. Kleine gelbe Zellen aus demselben Exemplar von Ac. tetracopa wie Fig. 71.

Fig. 74—79. Gelbe Zellen von Convoluta Langerhansii.

Fig. 74, 75. Nach dem Leben.
Fig. 76—78. Gelbe Zellen in Schnittpräparaten von Convoluten, die nach einander mit Sublimat, Pikrocarmin, Borax, Carmin, Alkohol, Paraffin, Creosot und Canadabalsam behandelt worden sind. Zellkern (erscheint granulirt).
Fig. 79. Nach Behandlung mit Jodjodkalium. Stärkekörner violett.

Fig. 80—89. Gelbe Zellen von Eunice gigantea.

Fig. 80—85. Nach dem Leben.
Fig. 86—89. Nach Behandlung mit Jodjodkalium. Hohle Stärkekörner gefärbt.

Fig. 90—93. Grüne Körper von Elysia. — Vergr. 2000.
(Mit Ölimmersion $^{1}/_{12}$ von Zeiss untersucht.)

Fig. 90, 91. Mit Jodjodkalium behandelt. (Unregelmäßige Stärkekörner tief gefärbt.)
Fig. 92, 93. Mit Osmium und Hämatoxylin behandelt (Zellkern).

Fig. 94—96. Amöboide gelbe Zellen von Echinocardium cordatum. Nach dem Leben.

Fig. 97. Gelbe Zellen aus der Larve von Holothuria tubulosa. Nach dem Leben.

(Fig. 98—112 befindet sich neben jeder Abbildung in dem schwarzen Streifen der Tafel das zugehörige Polarisationsbild.)

Fig. 98—100. Gelbe Zellen aus schwach belichteten Exemplaren von Anthea cereus. (Zum Theil zerquetscht.)
Zahl der doppelbrechenden Körner gering.
Fig. 101—103. Gelbe Zellen aus Antheen, welche 3—4½ Stunden dem directen Sonnenlichte ausgesetzt waren. Zahl der doppelbrechenden Körner sehr viel bedeutender.
Fig. 104. Gelbe Zellen aus einer schwach belichteten Aiptasia diaphana. Zahl der doppelbrechenden Körner gering.
Fig. 105, 106. Gelbe Zellen aus Aiptasien, welche 2—3 Stunden dem directen Sonnenlichte ausgesetzt waren. Zahl der doppelbrechenden Körner nimmt bei Belichtung bedeutend zu.
Fig. 107. Gelbe Zellen von Heliactis bellis.
Fig. 108. Gelbe Zellen von Ceriactis aurantiaca.
Fig. 109. Gelbe Zellen von Velella nach dreistündiger intensiver Belichtung.
Fig. 110. Gelbe Zellen von Cassiopeia borbonica.
Fig. 111, 112. Gelbe Zellen von Convoluta Langerhansii.